

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER
(Mention Sciences)

PAR

H.-N. LE HOUÉROU

PREMIÈRE THÈSE

RECHERCHES ÉCOLOGIQUES ET FLORISTIQUES SUR LA VÉGÉTATION DE LA TUNISIE MÉRIDIONALE

I

DEUXIÈME THÈSE. — *Propositions données par la Faculté*
— Les Lepidoptères parasites de la vigne;
— Le quaternaire continental du Sud Tunisien.

Soutenues le 29 mai 1959 devant la Commission d'Examen

MM. MATHIAS,	} <i>Examineurs</i>
G. DENIZOT,	
L. EMBERGER,	

Président



THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE MONTPELLIER
(Mention Sciences)

PAR

H.-N. LE HOUÉROU

PREMIÈRE THÈSE

RECHERCHES ÉCOLOGIQUES ET FLORISTIQUES SUR LA VÉGÉTATION DE LA TUNISIE MÉRIDIONALE

I

DEUXIÈME THÈSE. — *Propositions données par la Faculté*
— Les Lepidoptères parasites de la vigne;
— Le quaternaire continental du Sud Tunisien.

Soutenues le 29 mai 1959 devant la Commission d'Examen

MM. MATHIAS,	Président
G. DENIZOT,	} Examinateurs
L. EMBERGER,	

FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

Professeurs Honoraires :

J. PAVILLARD; R. JACQUES; J. CABANNES; M. CASTERAS; L. GAY; E. CARRIÈRE;
E. TURRIÈRE; J. SOULA.

Doyen :

P. MATHIAS, Professeur de Zoologie et Biologie Générale.

Professeurs titulaires :

M. MOUSSERON, Chimie Organique;
L. EMBERGER, Botanique;
C. BOUHET, Physique;
G. DENIZOT, Géologie;
P. CHATELAIN, Minéralogie et Cristallographie;
M^{lle} O. THUZET, Zoologie et Biologie animale;
M^{lle} G. CAUQUIL, Chimie Organique;
J. GRANIER, Physique;
J.L. TROCHAIN, Botanique Coloniale;
G. COUCHET, Mécanique Rationnelle;
J. SALVINIEN, Chimie Physique;
J.P. KAHANE, Mathématiques Pures;
M^{lle} A.M. VERGNOUX, Physique.

Professeurs sans chaire :

O. DIVE, Mathématiques;
P. VIELES, Chimie;
J. MOTTE, Botanique;
J. RABINOVITCH, Physique;
J. AVIAS, Géologie.

Maîtres de Conférences :

P. SILBER, Chimie Minérale;
E. KAHANE, Chimie Biologique;
R. JACQUIER, Chimie;
R. JOUTY, Physique;
J. MOREAU, Mathématiques;
B. CHARLES, Mathématiques;
R. NOZERAN, Botanique;
C. CHALIN, Physique;
J. JULLIEN, Chimie;
A. CASADEVALL, Chimie;
M. LEFRANC, Mathématiques;
M. BLANCHARD, Mathématiques;
M. LAFON, Physique.

Secrétaire Honoraire :

DUBOIS.

Secrétaire :

R. ROUCAIROL.

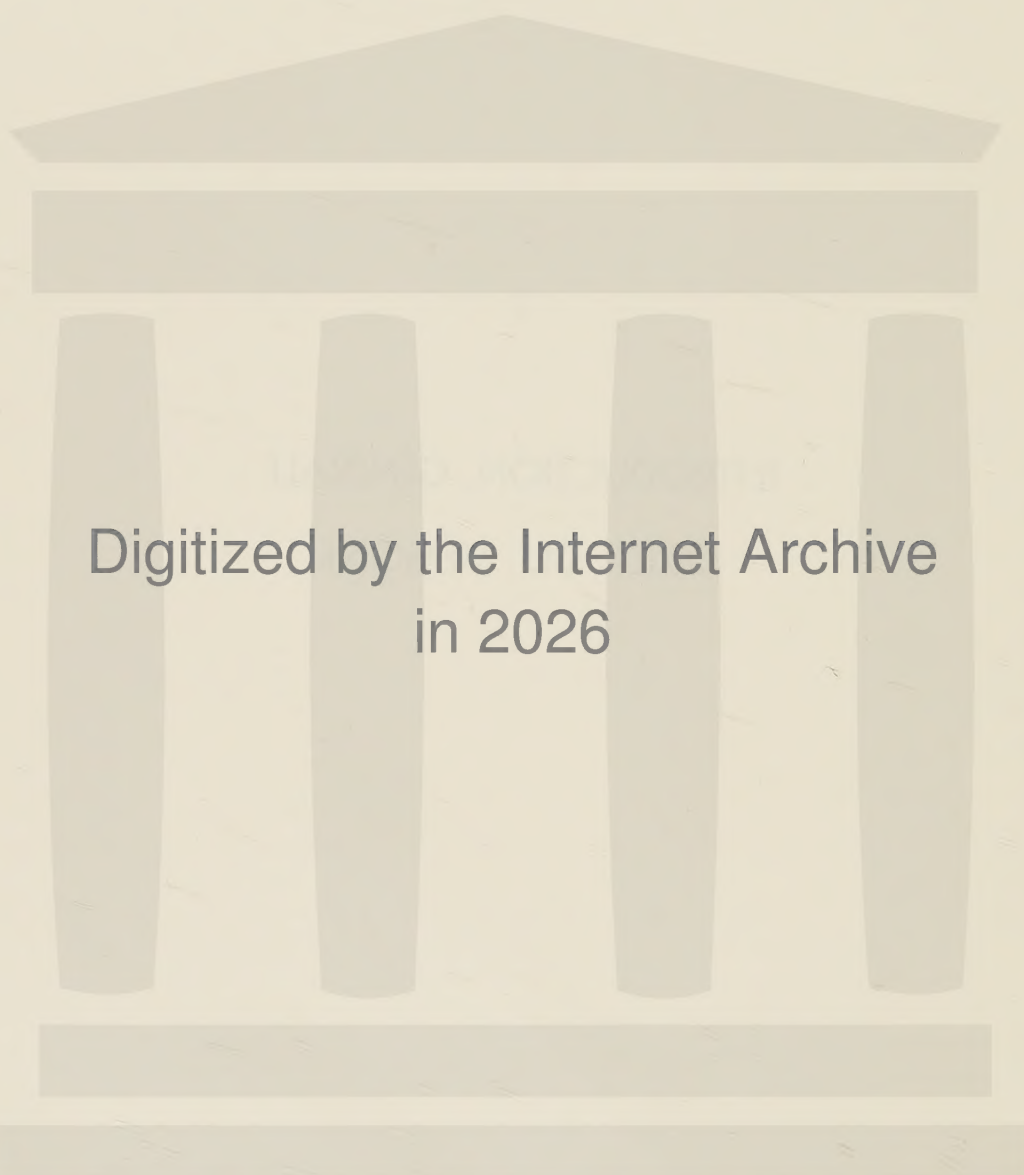
PLAN DU MÉMOIRE

	Pages
1. — Introduction. Objet	7
2. — Méthodologie	13
21. — Méthodes d'étude de la végétation	18
22. — Méthodes d'étude du climat	34
23. — Méthode d'étude du sol	35
3. — Etude du « Milieu »	39
31. — Le cadre géographique	41
32. — Les facteurs du climat	44
33. — Essai de représentation synthétique des climats	67
34. — Biogéographie-Bioclimatologie	74
35. — Les limites du Sahara	78
36. — Les données de la Géologie	79
37A. — Les données de la Géomorphologie	90
37B. — L'hydrologie	95
38. — Les sols	99
39. — Le passé — le milieu humain — l'occupation du sol	113
4. — Etude de la végétation	123
40. — Généralités	125
41. — Végétation de l'étage méditerranéen aride	125
410. — Généralités	125
411. — Sous-étage supérieur	125
412. — Sous-étage inférieur	152
42. — Végétation de l'étage méditerranéen saharien	207
420. — Généralités	208
421. — Sous-étage supérieur	208
422. — Sous-étage inférieur	233
5. — Considérations sur les possibilités de mise en valeur agricole du sud tunisien ..	249
6. — Conclusions générales	255

1

INTRODUCTION GÉNÉRALE

OBJET DU MÉMOIRE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555608_0024

Dans le cadre des recherches phytosociologiques-écologiques entreprises ces dernières années dans toute l'Afrique du Nord sous la direction du Professeur EMBERGER, une équipe de cinq chercheurs fut envoyée en mission en Tunisie de 1952 à 1957.

Au sein de cette équipe nous fûmes chargé des recherches dans les régions du Sahel et de la Tunisie méridionale.

Ces recherches avaient pour but :

1) d'inventorier, définir et caractériser phytosociologiquement la végétation de la zone à prospecter;

2) d'évaluer les possibilités économiques des « milieux » caractérisés par les groupements végétaux (vocations de ces milieux).

Le présent mémoire se propose donc d'établir un bilan des recherches que nous avons effectuées en Tunisie méridionale de 1954 à 1959. Il s'agissait, en fait, de poursuivre et d'étendre les recherches déjà effectuées, dans le Centre et le Sud, par P. BUROLLET, G. POTTIER-ALAPETITE, M. GUINOCHE et G. LONG. Ici, comme pour le reste de la Tunisie, l'étude de la végétation halophile fut l'œuvre de notre collègue G. NOVIKOFF.

L'étude des groupements messicoles de notre secteur a été réalisée en liaison avec notre collègue M. GOUNOT dont l'effort s'était porté sur les groupements messicoles du Nord de la Tunisie.

Le présent travail se compose de deux fascicules. Le premier comprend les généralités, l'étude du milieu, de la végétation et des conclusions générales. Il ne concerne que le Sud tunisien, c'est-à-dire la portion de territoire située au Sud d'une ligne : Sfax-Gafsa-Tamerza; soit une zone comprise, en gros, entre le 7° et le 12° degré de longitude E et entre le 30° et le 35° degré de latitude N.

Le second fascicule concerne uniquement la flore et intéresse tout le territoire situé au sud de la « Dorsale Tunisienne » ou d'une ligne : Hammamet-Kairouan-Kasserine.

En fait, nos études sur la végétation ne se sont pas bornées au Sud tunisien, elles se sont étendues également à une partie de la Tunisie centrale, principalement aux sahels de Sfax, de Sousse, à la plaine de Kairouan et à la région de Maknassy, mais elles n'ont pas été exposées ici, étant en dehors du territoire dont nous proposons de présenter ici la monographie phytogéographique.

L'ampleur de notre tâche (près de 7 millions d'hectares à prospecter) nous a contraint de sérier les problèmes, puisque nous ne disposions que de six années pour les résoudre. Il a donc semblé opportun d'étudier d'abord les groupements qui, a priori, semblaient les plus favorables à des essais de mise en valeur agricole. C'est ainsi que les groupements franchement sahariens n'ont pu être étudiés qu'en fin de mission et que nous avons délibérément négligé certains types de végétations, tels les groupements ripicoles, rupicoles, nitrophiles et rudéraux.

Notre étude ne saurait donc prétendre à être exhaustive.

Qu'il nous soit permis, au seuil de cette monographie, d'exprimer notre gratitude aux personnes qui nous ont aidé à la mener à bien.

Notre pensée va tout d'abord à nos maîtres, en particulier à M. le Professeur EMBERGER, correspondant de l'Institut, Directeur de l'Institut de Botanique de Montpellier et du Service de la Carte des Groupements Végétaux du C.N.R.S. qui nous a fait l'honneur d'accepter de juger ce travail et nous a conseillé dans la rédaction du chapitre 2.

M. le Professeur A. VERNET, de l'Institut National Agronomique, nous a, le premier, insufflé le goût de l'écologie et initié à ses méthodes; il a toujours été pour nous un guide sûr et bienveillant; puisse-t-il retrouver dans ces quelques pages le reflet de la prudence et de la rigueur dont il nous a toujours montré l'exemple tant à l'amphithéâtre qu'au laboratoire ou sur le terrain.

M. G. AUBERT, Chef du Service des Sols à l'O.R.S.T.O.M. et Directeur de l'Institut d'Etudes et de Recherches Tropicales à Bondy, à qui nous devons une grande part de notre formation en pédologie, nous a guidé avec sa grande compétence et son inlassable dévouement, malgré les nombreuses tâches qui l'assaillent; que l'éminent pédologue veuille bien trouver ici l'expression de notre déferente gratitude.

Nous n'aurions jamais pu mener à bien nos recherches si nous n'avions eu la chance de bénéficier d'autres concours très importants.

En matière de floristique, notre tâche a été grandement facilitée par l'obligeance du Docteur P. QUÉZEL, Professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, qui nous a accueilli dans son laboratoire, nous a permis de travailler aux herbiers et de consulter le manuscrit de la Flore de l'Afrique du Nord de R. MAIRE.

M. P. JOVET, sous-Directeur du Laboratoire de Phanérogamie du Muséum d'Histoire Naturelle, nous a accueilli avec bienveillance, grâce à lui, nous avons pu consulter à loisir les précieuses collections.

M. Ch. SAUVAGE, Directeur du Laboratoire de Phanérogamie de l'Institut Scientifique Chérifien à Rabat nous a guidé avec maîtrise et dévouement dans des groupes difficiles, n'hésitant pas à consacrer de précieux moments à l'examen de nos récoltes.

Que tous veuillent bien trouver ici l'expression de notre profonde gratitude.

Madame N. ROUSSINE nous a aidé inlassablement de ses grandes connaissances en matière de phytosociologie et de langues étrangères, nous facilitant beaucoup les recherches bibliographiques; qu'elle veuille accepter ici le témoignage de notre respectueuse gratitude.

M. NÈGRE, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences d'Alger a bien voulu revoir nos récoltes dans les genres *Diplotaxis*, *Frankenia* et *Medicago*.

M.P. MONNIER, Chef de Travaux à la Faculté des Sciences de Montpellier, a accepté aimablement de revoir nos récoltes des genres *Spergula* et *Spergularia*.

M. J. TIXERONT, Ingénieur en Chef des Travaux publics, Chef du groupe H.A.R. au Ministère tunisien des Travaux Publics nous a toujours prodigué ses encouragements et nous a permis de faire analyser certains de nos échantillons de sols dans les laboratoires de son Service.

M. E. BERKHALOFF, Géologue, Chef du Bureau d'Inventaire des Ressources Hydrauliques au Ministère tunisien des Travaux Publics, nous a aimablement communiqué des documents inédits.

M. M. PERUSSET, Directeur de la Météorologie Nationale en Tunisie et M. P.C. PRÉZIOSI, Chef de la section de climatologie, nous ont obligeamment permis de consulter des documents inédits.

M. H.G. KEITH, Chef de la Mission F.A.O., en Libye, nous a communiqué des travaux personnels inédits sur la flore Libyenne; nous lui devons d'avoir pu étudier la végétation de la Tripolitaine et de faire ainsi d'utiles comparaisons avec la zone qui fait l'objet de ce travail; qu'il soit assuré de notre vive gratitude.

Les recherches effectuées dans le Sud tunisien en d'autres disciplines par nos camarades :

MM. Ch. DOMERGUE, Géologue, puis Chef du Service Géologique; R. COQUE, Géomorphologue; P. DESSUS, J. GELPE, A. FOURNET, J. LE FLOCH et P. ROEDERER, Pédologues, nous ont souvent aidé, au cours d'amicales conversations, à mieux comprendre les milieux physiques du Sud. Nous remercions tout particulièrement notre ami R. COQUE qui a bien voulu lire et critiquer la partie de ce mémoire qui concerne sa spécialité.

Nos remerciements vont encore à MM. SOREL, TÊTON et DUPONT, Ingénieurs du Service de l'hydraulique à Gafsa et Gabès pour l'aide matérielle qu'il nous ont si obligeamment fourni au cours de nos prospections.

Nous ne saurions oublier M. A. LABBE, à l'époque Assistant à l'Institut des Hautes Etudes de Tunis, ni M. J. SERRES; leur grande connaissance de la Flore Tunisienne nous fut maintes fois précieuse.

Notre ami F. LAUDANSKY, Professeur à l'Ecole Nationale d'Horticulture de Versailles, fut le compagnon enthousiaste de plusieurs de nos passionnantes randonnées sahariennes.

Nos amis Ph. DOUCHEZ et Cl. CHENET, naguère Ingénieurs des Services agricoles à Zarzis et à Gabès nous ont aidé à comprendre les problèmes agricoles et humains qui se posent dans ces régions.

Nos prospections ont été largement facilitées dans l'Extrême Sud par l'hospitalité et l'aide matérielle des autorités militaires, en particulier du Capitaine LÉANDRI à l'époque Chef de Bureau des Affaires Indigènes à Tatahouine; le Capitaine CANRUBY, alors Commandant de la Compagnie Méhariste du Sud Tunisien à Bordj Le Bœuf et son adjoint le Lieutenant DODART, Chef de peloton à Djeneien, nous ont permis de goûter longuement la légendaire hospitalité Saharienne; nous leur devons aussi d'avoir pu connaître le grand Erg Oriental.

Pour la présentation du manuscrit et la correction des épreuves, nous avons eu la chance de bénéficier du concours dévoué de nos amis P. ESPIAU, Ingénieur Chimiste au Service de la C.G.V. et J.P. LEBRUN, Chargé de Recherches au Centre National de Floristique.

Enfin nous exprimons collectivement notre gratitude à nos collègues du Service de la Carte des Groupements Végétaux (2) : P. ESPIAU, F. FAY, M. GOUNOT, J.L. GUILLERM, T. IONESCO, G. LONG, G. NOVIKOFF, A. SCHOENENBERGER, M. THIAULT; les nombreuses et amicales

(2) La C.G.V. est devenue le C.E.P.E. depuis juillet 1961 : Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques.

discussions que nous avons pu avoir avec les uns et les autres nous ont permis de confronter nos points de vues avec les leurs; elles ont été pleines d'enseignements pour nous.

Nous ne saurions oublier M^{lle} GUÉRY, secrétaire du Service de la C.G.V. qui a bien voulu accepter la lourde tâche de dactylographier le manuscrit, non plus que MM. CEZERAC et VILLANOVA au talent desquels nous devons les cartes et dessins qui illustrent ce mémoire.

Nous exprimons notre déférente gratitude à nos maîtres de l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Tunis et de la Faculté des Sciences de Montpellier, particulièrement MM. P. M. ROUSSEAU, G. VALDEYRON, A.L.M. BONNET, R. NOZERAN et J. L. TROCHAIN.

M. le Doyen MATHIAS nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse, nous lui en exprimons notre vive gratitude; nous remercions respectueusement M. le Professeur G. DENIZOT qui a bien voulu faire partie du jury.

Nos remerciements s'adressent enfin au Comité Directeur de l'Institut de Recherches Sahariennes de l'Université d'Alger et à son Secrétaire Général, le Professeur CAPOT-REY, ainsi qu'à la commission de Biologie du C.N.R.S. et son président le Professeur R. HEIM, Membre de l'Institut. C'est seulement grâce aux importantes subventions que les uns et les autres nous ont accordées, sur la proposition du Professeur P. QUÉZEL, que ce travail doit d'être publié.

2

MÉTHODOLOGIE

PLAN DU CHAPITRE

	Pages
20. INTRODUCTION.	17
21. METHODE D'ETUDE DE LA VEGETATION.....	18
211. Généralités.	18
212. Etude de la flore.	18
213. Reconnaissance des types physionomiques de végétation.	18
214. Etude détaillée des types de végétation.	18
2141. Analyse des communautés végétales.....	18
A. Relevé des conditions stationnelles.	19
B. Etude du sol.	19
C. Le relevé floristique, choix des emplacements.	19
2142. Synthèse; mise en évidence des groupements.....	19
A. Les groupes écologiques.	19
a) Définition.	21
b) Mise en évidence des groupes écologiques.	21
α) Les groupes écologiques édaphiques.	21
β) Les groupes écologiques climatiques.	22
γ) Les groupes écologiques anthropozoogènes.	22
c) Discussion.	22
α) Les groupes écologiques homologues.	22
β) Les groupes écologiques analogues.	23
γ) Indépendance des groupes écologiques.	23
δ) Limites des groupes écologiques. Compensations édapho-climatiques	24
B. Les groupements végétaux.	24
a) Le groupement végétal.	24
b) L'association végétale.	25
c) Les subdivisions de l'association.	26
C. Mise en évidence des groupements; l'écogramme.	27
a) Hiérarchisation des groupes écologiques.	27
b) Le principe de l'écogramme.	28
c) Mise en évidence des groupements.	29
d) Analyse et interprétation de l'écogramme.	30
215. Conclusions.	32

20 – INTRODUCTION

Les méthodes d'étude de la végétation sont nombreuses et diverses; elles ont été maintes fois exposées et il ne nous paraît pas utile de les passer en revue ici.

Il est, par contre, nécessaire d'exposer de façon détaillée les conceptions méthodologiques qui ont présidé à l'élaboration du présent mémoire. La méthode employée est issue de celle de l'école dite Zuricho-montpellieraine fondée par FLAHAULT et SCHRÖTER, très connue par les travaux de BRAUN-BLANQUET, TUXEN, MOLINIER, GUINOCHE, KOCH, etc. elle même peu différente de l'école parisienne dont sont issus les travaux de ALLORGE, JOVET, LEMÉE, etc. La méthode que nous avons employée doit également aux travaux de G. KUHNHOLTZ-LORDAT.

Les grandes lignes de la méthode qui nous a servi de fil directeur ont été exposées par L. EMBERGER (1958, 1959); elles sont nées au cours des travaux de recherches et de cartographie phytosociologiques entreprises sur une grande échelle depuis une dizaine d'années en Afrique du Nord. Rappelons que ces recherches en Afrique du Nord, auxquelles nous avons nous-même participé durant plusieurs années, avaient en vue l'application pratique de la phytosociologie aux problèmes de mise en valeur des terres. Au cours de leurs travaux, les phytosociologues chargés de cette tâche ont été mis en présence de problèmes qui les ont amenés à apporter quelques modifications à la méthode Zuricho-montpellieraine classique. Ces aménagements ont surtout consisté à orienter la méthode classique dans un sens plus causal, plus écologique. Cette évolution méthodologique s'est manifestée par un souci de contrôle constant et réciproque des données de la floristique et de l'écologie.

Le fait que la plupart des disciples nord-africains du Prof. EMBERGER possédaient une double formation universitaire et agronomique semble avoir été un facteur très favorable à cette orientation.

Le fait d'accorder une grande importance aux conditions de milieu dans les recherches phytosociologiques nous amènent à exposer séparément les méthodes d'études de la végétation, du climat et du sol.

21. — MÉTHODES D'ÉTUDE DE LA VÉGÉTATION

211. — GÉNÉRALITÉS

L'étude de la végétation comporte les stades suivants :

- Etude de la flore;
- Reconnaissance, définition et localisation des types physionomiques de végétation;
- Etude détaillée des types de végétation.

212. — ÉTUDE DE LA FLORE

L'étude de la flore est menée avec beaucoup de soin jusque dans les taxa infra-spécifiques (voir seconde partie : la flore).

L'étude de la flore du Sud tunisien nous a conduit à distinguer une centaine de taxa nouveaux pour le pays dont quelques-uns nouveaux pour la Science. Nos récoltes sont déposées à l'herbier de l'Institut de Botanique de l'Université de Montpellier.

213. — RECONNAISSANCE DES TYPES PHYSIONOMIQUES DE VÉGÉTATION

La reconnaissance et la définition des types de végétation se fait au cours d'une première phase de prospection; elle est complétée par des relevés floristiques. Elle donne une première approximation intuitive des groupements végétaux.

214. — ÉTUDE DÉTAILLÉE DES TYPES DE VÉGÉTATION

214-1. — Analyse des communautés végétales (Phytocénoses)

Les divers types de végétation mis en évidence par la prospection préliminaire sont ensuite étudiés de façon systématique et approfondie par l'analyse phytosociologique; celle-ci comporte des observations simultanées de trois ordres :

- relevé des conditions stationnelles;
- étude du sol;
- relevé floristique.

A. — Relevé des conditions stationnelles

Ces observations consistent à placer le relevé phytosociologique dans son cadre géographique, géomorphologique, climatique, géologique et humain (3).

B. — Etude du sol

Les observations sur le terrain sont faites par la méthode pédologique pour chaque relevé (cf. infra : méthodes d'étude du sol).

C. — Le relevé floristique; choix des emplacements

Le relevé floristique proprement dit est effectué suivant la méthode phytosociologique habituelle avec les modifications codifiées depuis par le Service de la C.G.V. Cette méthode d'analyse de la végétation a été exposée en détail dans le Bulletin du Service de la C.G.V. (3), il n'y a donc pas lieu d'y revenir.

Il convient cependant de préciser que les relevés ne sont pas faits au hasard, mais dans des stations à végétation et sol présumés homogènes, compte tenu des conditions stationnelles, de la composition floristique et de la nature du sol. La surface des relevés est toujours au moins égale à l'aire minimale du groupement végétal. Ces stations sont souvent choisies le long d'un « transect » ou d'une catena topographique; ce qui permet d'étudier les variations corrélatives de sol et de végétation en fonction de la topographie ou de tout autre facteur déterminant. Les relevés sont souvent couplés lorsque se côtoient sur des sols identiques des végétations différentes, en raison de l'action humaine; par exemple lorsqu'une steppe cotoie une terre cultivée.

214-2. — Synthèse; mise en évidence des groupements

Le travail d'analyse sur le terrain fournit des relevés dont l'étude permet de dégager des groupements végétaux. L'élaboration des groupements, travail de synthèse, comprend deux phases :

- la mise en évidence des groupes écologiques qui reflètent un ou plusieurs facteurs du milieu;
- la définition des groupements végétaux qui intègrent l'ensemble de facteurs du milieu d'une station déterminée.

A. — Les groupes écologiques

a) Historique

La notion de groupe écologique est plus ou moins implicitement contenue dans les travaux de KELLER (1907), ALECHIN (1926), KLEPOW (1941), DU RIETZ (1930). Mais c'est, à notre connaissance, P. DUVIGNEAUD qui, le premier, a exprimé clairement cette notion et tenté de la systématiser dans son ouvrage, à cet égard fondamental, de 1946 sur « la variabi-

(3) Description et mode d'emploi d'une riche de relevé pour l'inventaire de la végétation. *Bull. Serv. Carte Phytogéogr.*, Série B, T. II, fasc. 2, pp. 7-24, 1957.

lité des associations végétales ». Pour cet auteur « un groupe écologique est formé d'espèces réunies par une similitude d'appétence pour certaines conditions de milieu déterminées », ce qu'il condense dans le concept « d'affinité sociologique » (DU RIETZ, 1930).

Pour DUVIGNEAUD « L'affinité sociologique résume toutes les tendances, écologiques, géographiques, ou autres qu'ont certaines plantes à se grouper ». L'auteur estime encore que « cette notion est le fondement même de la sociologie végétale, puisque les groupements végétaux sont la somme d'un plus ou moins grand nombre de ces groupes ». En ce qui concerne la systématisation de ces groupes DUVIGNEAUD s'exprime ainsi : « L'association, qui se manifeste sur le terrain par sa physionomie, nous apparaît donc comme la somme d'un certain nombre de groupes écologiques imbriqués les uns dans les autres; le groupe le plus favorisé, et qui est en général dominant, forme le noyau caractéristique de l'association ». Nous reviendrons plus en détail sur les conceptions systématiques de DUVIGNEAUD.

DUVIGNEAUD définit les groupements au moyen des groupes écologiques observés sur le terrain sans passer par les laborieux tableaux, ce qu'il considère comme un progrès et une simplification.

La notion de groupe écologique se retrouve par la suite dans les travaux d'ELLENBERG (1950), qui paraît ne pas avoir eu connaissance de ceux de DUVIGNEAUD. La conception d'ELLENBERG (1950, 1953, 1954, 1956) est assez différente de celle de DUVIGNEAUD, en ce sens qu'il part du comportement auto-écologique des espèces pour réunir dans un même groupe les plantes indicatrices plus ou moins liées à un facteur du milieu sans tenir aucun compte, semble-t-il, de l'affinité sociologique des espèces, c'est-à-dire de leurs corrélations. De plus, ELLENBERG ne fait intervenir les groupes écologiques que pour expliquer les groupements; pour les mettre en évidence, il emploie la méthode classique du tableau d'association.

Les conceptions de ELLENBERG (1950, 1953, 1954, 1956), ont été exposées dans une analyse critique publiée par ROUSSINE et GOUNOT (1957), nous n'y insisterons donc point.

En 1956, R. NÉGRE a introduit une notion un peu différente de celle des groupes écologiques, tels que les entendent les auteurs précédents : les « ensembles écologiques ». Comme ELLENBERG, NÉGRE part d'observations auto-écologiques : il réunit les plantes indicatrices d'un même facteur dans un ensemble écologique, mais il définit l'association par un peloton d'espèces « caractéristiques » qu'il choisit parmi les espèces les plus représentatives des ensembles écologiques présents dans l'association.

Pour le choix de ces espèces caractéristiques, NÉGRE insiste, avec raison croyons-nous, sur l'abondance et la vigueur des espèces qu'il considère comme le reflet de leur optimum écologique.

T. IONESCO (1956 a, b) a employé la notion de groupe écologique dans un sens qui tient à la fois de DUVIGNEAUD et de ELLENBERG. Comme ELLENBERG, il définit des groupes écologiques d'espèces indicatrices; mais il se rapproche de DUVIGNEAUD en admettant l'interdépendances des espèces au sein d'un même groupe; comme DUVIGNEAUD encore, il définit l'association par un groupe écologique principal qui représente le caractère écologique saillant du milieu et confère à celui-ci l'essentiel de sa physionomie.

DUCHAUFOUR (1957) utilise sous le terme de « groupements écologiques » la notion de groupe écologique, telle qu'elle a été définie par DUVIGNEAUD. La notion de groupe écologique a été utilisée par : M. GOUNOT (1958, 1959, 1960), G. NOVIKOFF (1958), A. SCHOENENBERGER (1958), M. THIAULT (1958). Nous-mêmes (LE HOUÉROU, 1955, 1958 a, b, 1959, 1960) avons utilisé cette notion exactement dans la même acception que T. IONESCO (1956).

M. GOUNOT [1958 (1957)], par exemple, s'exprime ainsi : « un groupe écologique est

un groupe d'espèces ayant des exigences écologiques semblables et qui se retrouvent généralement ensemble quand les conditions de milieu favorables sont réalisées ».

Cette définition est bien vague; et nous-mêmes (LE HOUÉROU, 1959) avons cru pouvoir l'améliorer en considérant le groupe écologique comme « L'ensemble des taxa qui coexistent chaque fois qu'à l'intérieur d'une aire géographique donnée, telle condition écologique est réalisée, et qui ne sauraient y coexister en l'absence du facteur considéré ».

Ce bref rappel historique montre qu'entre 1950 et 1960, une dizaine de chercheurs travaillant dans des domaines géographiques divers (Belgique, Congo, France, Tunisie, Maroc, Allemagne) et parfois en s'ignorant mutuellement, ont été conduits — avec quelques nuances, il est vrai — à la notion de groupe écologique. On peut en inférer qu'elle est fondée. Aussi est-elle à nos yeux, l'une des acquisitions les plus intéressantes de la phytosociologie moderne.

Les différentes catégories de groupes écologiques

Dans le présent mémoire nous répartissons les groupes écologiques en trois catégories :

- ceux qui sont liés au sol (groupes écologiques édaphiques ou éco-édaphiques);
- ceux qui sont liés au climat (groupes éco-climatiques);
- ceux qui sont liés à l'influence humaine et animale (groupes écologiques anthropozoïques).

Il est bien évident qu'il n'existe pas, dans l'absolu, de groupes écologiques liés uniquement au climat ou seulement au sol mais, — nous le démontrerons plus loin, — à l'intérieur d'une gamme de climats donnés, tels les climats semi-aride, aride et saharien du sud-tunisien; les études sur le terrain montrent que certains groupes de plantes sont indifférents à l'édaphisme et sensibles au climat; inversement d'autres sont indifférents aux climats mais étroitement liés aux conditions de sol. Il en est de même des groupes anthropozoïques : certains groupes sont plastiques vis-à-vis de l'influence de l'homme et des animaux tandis que d'autres sont strictement liés à certaines formes d'utilisation du sol, et présentent une certaine indépendance vis-à-vis de la nature physico-chimique de celui-ci et de l'action du climat, dans la gamme de climats considérée.

b) Mise en évidence des groupes écologiques

L'influence de chaque facteur écologique sur la végétation est d'abord étudiée dans les stations où ce facteur paraît être dominant. Les listes floristiques provenant de ces stations sont alors comparées à celles dressées dans des stations, où le facteur considéré n'intervient pas. La répétition statistique mettra alors en lumière une ou plusieurs plantes liées à la présence du facteur étudié ou à son absence.

α) Les groupes écologiques édaphiques

Pour mettre en évidence les groupes écologiques édaphiques on comparera deux séries de relevés effectués sur des sols différents à l'intérieur d'une région à climat homogène; on obtiendra trois groupes de plantes :

- celles qui sont communes à tous les relevés;
- celles qui n'existent que dans les relevés de la première série;
- celles qui n'existent que dans les relevés de la seconde série.

Exemple : dans une première approximation on comparera la composition floristique d'une série de relevés effectués sur des alluvions à texture fine dans une région à climat

homogène avec une autre série de relevés effectués dans des alluvions à texture grossière sous le même climat; on obtiendra trois groupes de plantes :

- celles qui existent sur les deux types d'alluvions;
- celles qui n'existent que sur les alluvions à texture fine;
- celles qui n'existent que sur les alluvions à texture grossière.

La seconde approximation consistera à définir à l'intérieur des groupes précédents des espèces liées à la structure du sol puis au chimisme, etc...

On dégagera ainsi des groupes de plantes liés aux différentes qualités de sol; ce sont les groupes écologiques édaphiques.

β) *Les groupes écologiques climatiques*

Chacun des groupes écologiques édaphiques précédemment établis sera comparé ensuite à ceux qui auront été mis en évidence pour des qualités de sols identiques mais sous des climats différents; il en résultera des groupes écologiques climatiques.

γ) *Les groupes écologiques anthropozoogènes*

Ces groupes sont mis en évidence par la comparaison de relevés phytosociologiques effectués sous un même climat, sur des sols identiques mais différemment exploités.

c) *Discussion*

Par approximations successives, on obtiendra un certain nombre de groupes de plantes dont chacun sera en corrélation positive avec un facteur ou un groupe de facteurs du milieu et en corrélation négative avec le facteur ou le groupe de facteurs inverses. On appellera, par exemple, groupe écologique psammophile du Sud tunisien un groupe de plantes qui seront toujours présentes sur les sols sableux et absentes sur les autres.

Cependant, il résulte de notre définition des groupes écologiques que des taxa d'écologie affine vis-à-vis d'un facteur donné ne peuvent se réunir dans un même groupe, si en fait, ils ne coexistent généralement pas.

Certaines psammophiles de la steppe n'existent pas dans les cultures et inversement : il y aura donc un groupe écologique psammophile de la steppe, un groupe psammophile des cultures et un groupe psammophile s.l. qui existe aussi bien dans la steppe que dans les cultures. Selon nous, un groupe écologique n'est donc pas une juxtaposition de plantes indicatrices comme le considèrent, par exemple, ELLENBERG et NÉGRE, mais une unité sociologique élémentaire, ainsi que l'entend DUVIGNEAUD.

α) *Les groupes écologiques homologues*

Nous avons vu dans les pages précédentes que la notion de groupe écologique doit satisfaire à trois conditions :

- comportement écologique identique des espèces constitutives,
- coexistence,
- corrélation positive entre elles.

Or, parmi les groupes écologiques reconnus dans une région, il en est qui ont la même signification vis-à-vis d'un facteur donné; nous les appellerons des groupes *homologues*.

Par exemple, les plantes liées aux sols argileux des steppes du sud tunisien constituent un groupe écologique pélophile A; or, sous le même climat et sur le même sol, mais soumis

à la culture, on constate la présence d'un groupe écologique floristiquement différent : A'. Les deux groupes A et A' ont la même signification vis-à-vis du facteur « texture du sol » et nous disons que les groupes A et A' sont homologues; ils tirent uniquement leur origine de deux modes différents d'exploitation du sol.

Nos groupes écologiques homologues sont donc liés à des stades différents de l'action humaine à l'intérieur de deux milieux fondamentalement identiques.

Les groupes écologiques homologues ne doivent pas être confondus avec les « stades dynamiques homologues » de G. KUHNHOITZ-LORDAT (1948, 1949) qui sont, au contraire, des stades dynamiques équivalents mais dans des milieux fondamentalement différents (phénomène de convergence).

EMBERGER (1933) a employé le terme de *groupements homologues* pour désigner des groupements végétaux élémentaires (associations) qui ont la même synécologie mais présentent une composition floristique différente. Ces groupements homologues sont réunis en homoece qui est pour cet auteur une unité systématique immédiatement supérieure à l'association. Il ne faut donc pas confondre, ici non plus, les *associations homologues* d'EMBERGER avec nos *groupes écologiques homologues*.

β) Les groupes écologiques analogues

Des conditions édaphiques et humaines identiques, déterminent sous des climats différents des groupes *analogues*.

Par exemple : le groupe écologique pélophile des terres cultivées du climat méditerranéen aride du Sud tunisien sera analogue au groupe écologique pélophile des terres cultivées du climat méditerranéen semi-aride de la Tunisie centrale.

Cette notion de groupes homologues et analogues nous paraît très importante; les groupes homologues correspondent à des conditions de milieu fondamentalement identiques et font partie d'une même série évolutive.

Les groupes analogues, au contraire, caractérisent des milieux différents et appartiennent à des séries évolutives parallèles.

γ) Indépendance des groupes écologiques

En Tunisie méridionale les groupes écologiques manifestent une indépendance presque totale les uns par rapport aux autres; ce qui peut s'expliquer par la simplicité de structure de la végétation steppique.

Cette indépendance a été également mise en évidence dans les milieux halophiles par G. NOVIKOFF (1958), et au Maroc, par R. NÉGRE (1959), T. IONESCO (1958).

Prenons un exemple : soit un sol sablonneux steppique présentant une croûte calcaire en profondeur, sous climat méditerranéen aride inférieur; à de telles conditions écologiques correspondent trois groupes écologiques :

- un groupe éco-climatique lié au climat aride (b)
- un groupe éco-édaphique lié au sable (a)
- un groupe éco-édaphique lié à la croûte calcaire (c).

L'ensemble crée un groupement végétal : *abc*.

Lorsque l'horizon sableux superficiel est remplacé par un horizon argileux, le groupe écologique psammophile (a) sera remplacé par un groupe pélophile (d), les deux autres groupes (b et c) restant présents. On obtiendra alors un nouveau groupement : *dbc*.

Ces deux groupements *abc* et *dbc* sont différents mais possèdent deux groupes écologiques en commun (*b* et *c*); ce qui démontre l'indépendance des groupes écologiques *a* et *d*. Dans l'exemple ci-dessus on pourrait faire la même démonstration pour le groupe *b* et le groupe *c*.

δ) *Limite des groupes écologiques; compensations édapho-climatiques*

Sous le climat aride du Sud tunisien existe un groupe écologique lié à la présence, dans des sols bien drainés, d'une croûte calcaire ou gypseuse.

Dans la Tunisie centrale, à climat semi-aride, ce même groupe abandonne les croûtes calcaires pour se cantonner uniquement sur les croûtes gypseuses très sèches.

Dans la région de Ghadamès, à climat typiquement méditerranéen saharien, le même groupe ne se retrouve que dans les bas-fonds et les lits d'oueds. En somme, le groupe écologique des sols à croûtes de la Tunisie méridionale s'étend du climat semi-aride au climat saharien; en climat semi-aride, c'est-à-dire vers la limite humide de son aire il se cantonne dans les milieux les plus secs : les croûtes gypseuses; en climat saharien, au contraire, à la limite sèche de son aire, il n'existe que dans les milieux recevant un appoint d'eau par ruissellement.

Tout se passe donc comme si le groupe était lié à la présence, dans le milieu, d'une certaine quantité d'eau; il disparaît lorsque cette quantité devient insuffisante ou excessive, ce qui montre l'effet de compensation entre les facteurs édaphiques et climatiques pour la réalisation de l'optimum écologique du groupe.

Les mêmes lois qui régissent la distribution des espèces prises isolément, semblent donc aussi commander la répartition des groupes écologiques.

C'est une règle générale, par exemple, qu'un groupe écologique xérophile recherche des stations relativement de plus en plus sèches au fur et à mesure qu'il s'approche de la limite humide de son aire. Inversement, ce groupe se localise dans des stations de plus en plus humides édaphiquement vers la limite sèche de son aire. Un tel groupe ne peut donc se définir écologiquement, en l'absence de mesures microécologiques, qu'en fonction du couple de facteurs sol-climat. On peut dire de façon approximative et elliptique qu'il y a une certaine équivalence entre un sol sec sous un climat humide ou un sol humide sous un climat sec. Les sables dunaires, par exemple, sont parmi les milieux les plus secs sous un climat humide comme celui de la Sologne, tandis que les sables identiques constituent un des milieux les plus humides sous le climat aride du Sud Tunisien.

B. — Les groupements végétaux

a) *Le groupement végétal*

Les unités phytosociologiques élémentaires que constituent les groupes écologiques sont réunies pour former des groupements végétaux complexes et hiérarchisés.

Un groupement végétal est donc une combinaison déterminée et fixe de groupes écologiques. C'est un complexe écologique (LE HOUÉROU, 1955; IONESCO, 1956).

Il est bon de préciser que nous entendons par « groupement » ou « complexe écologique » une combinaison définie de groupes écologiques mais de rang systématique indéterminé. La notion de complexe écologique n'a rien de commun avec celle de complexe de groupements (Assoziationen Komplex) au sens de BRAUN-BLANQUET et PAVILLARD (1928).

Ces auteurs entendent sous le terme de complexe d'associations une mosaïque définie d'associations.

Il est bien évident que le nombre théoriquement possible de combinaisons de groupes écologiques est très grand; par conséquent, le nombre de groupements végétaux définis l'est aussi. De fait ce nombre est limité par des incompatibilités, beaucoup de groupes s'excluant.

Par ailleurs, certaines combinaisons, théoriquement possibles n'ont jamais été observées.

b) *L'association végétale*

D'une façon générale, il existe, dans chaque groupement, un groupe écologique principal, qui correspond au caractère écologique fondamental de la station et qui donne souvent au groupement le trait dominant de sa physionomie. Ce groupement principal revêt une grande importance dans la définition des associations (cf. DUVIGNEAUD, T. IONESCO, *op. cit.*).

L'association végétale groupe des phytocénoses (4) (individus d'associations) constituées par une combinaison définie de groupes écologiques dans laquelle on distingue généralement un groupe écologique principal représentant le caractère dominant du milieu.

Prenons un exemple : l'association à *Artemisia herba alba* et *Arthrophytum scoparium* liée aux sols à texture fine sous le climat méditerranéen aride de la Tunisie méridionale.

Cette association comprend essentiellement deux groupes écologiques :

- A. — groupe présent dans la plupart des groupements de la zone climatique envisagée.
- B. — groupe écologique lié aux sols à texture fine. Nous le considérons comme groupe principal parce qu'il est lié à la texture du sol et que celle-ci commande en grande partie le bilan d'eau de l'association, lequel est fondamental en milieu aride. De plus ce groupe écologique confère une physionomie uniforme à l'ensemble des subdivisions de l'association, leur donnant un « air de famille ».

A ces groupes A et B peuvent s'en joindre d'autres, tels :

- C. Lié à la présence d'une croûte dans le profil
- D. Lié à la présence de sulfates dans le profil
- E. Lié à la présence de sels solubles.

Nous avons alors les groupements suivants (5) :

- AB
- ABC
- ABD
- ABE

Ces quatre combinaisons constituent quatre groupements différents et représentent autant de subdivisions de l'association, puisqu'ils ont en commun le groupe B reconnu comme principal.

Nous considérons comme association type, la combinaison la plus simple. Dans l'ensemble ci-dessus c'est la combinaison AB qui correspond à des sols à texture fine et à profil relativement homogène (sol profond sans horizons nettement différenciés soit par le chimisme soit par la morphologie).

Les éléments d'hétérogénéité dans le profil provoquent l'apparition d'autres groupes écologiques édaphiques tels que C, D, E, etc...

(4) Nous entendons le terme de phytocénose dans la même acception que SOUKATSCHEV (1954), c'est-à-dire d'individu d'association.

(5) Il s'agit ici d'un exemple. Il est bien évident que cette liste de combinaisons n'est pas limitative.

Supposons que dans le cas de la combinaison ABC il y ait variation de la profondeur de la croûte : selon que la croûte sera profonde ou superficielle, le groupe C sera plus ou moins bien représenté. Dans un cas, on passe au groupement AB (croûte très profonde ou absente). Dans l'autre cas, si la croûte apparaît en surface le groupe C devient très important et le groupe B disparaît : nous sommes dans une autre association : AC.

Les mêmes raisonnements peuvent être faits à propos des groupes écologiques D et E.

c) *Les subdivisions de l'association*

Le problème des subdivisions de l'association et de la hiérarchie de ces subdivisions a été très discuté. Nous avons fait un petit choix d'exemples, car cette question est loin d'être résolue et certains auteurs, tels EMBERGER, estiment qu'il est prématuré de prendre une position ferme.

On sait que dans les travaux phytosociologiques de l'école Zuricho-montpelliéraine classique, que nous prenons comme exemple de subdivisions à base floristique, les variations de composition floristique au sein d'une association sont appelées : « sous-association » (BRAUN-BLANQUET et PAVILLARD, 1928), puis « variante » (= race) et enfin « faciès » (BRAUN-BLANQUET, NÈGRE et ROUSSINE, 1952). On distingue aussi des « races géographiques » de l'association.

Les auteurs du « Prodrôme des groupements végétaux de la France méditerranéenne » admettent que la sous-association est définie par des espèces différentielles, tandis que les variantes (races) rendent compte de différences quantitatives, et le faciès de la simple prédominance d'une espèce donnée. « la race géographique » n'intervient pas comme unité taxonomique, pour ces auteurs (1952, p. 12). DUVIGNEAUD (1946) qui tient un grand compte de l'écologie, propose une hiérarchisation des unités inférieures fondée à la fois sur l'écologie et la floristique : il propose le rang uniforme de sous-association à toutes les unités inférieures. Il hiérarchise les sous-associations en :

Races géographiques

Variantes liées à la « nature » du sol

Formes liées à l'humidité du sol

Stades évolutifs.

Il considère, en outre, que des variantes anthropogènes peuvent dériver des races, variantes, formes et stades.

Nous-mêmes (LE HOUÉROU, 1959) avons proposé une classification du double point de vue écologique et floristique; nous la suivons ici. Nous considérons comme association type celle qui correspond à la combinaison la plus simple (A-B dans l'exemple cité ci-dessus) se développant sur un sol homogène. Nous avons proposé le terme de variantes, pour désigner des groupements dont les différences floristiques avec l'association type sont dues au climat; les sous-associations désignent des groupements dont les différences floristiques avec l'association type sont imputables aux sols : les faciès font intervenir des caractères liés à l'action anthropozoïque (6).

(6) Note ajoutée en cours d'impression :

Ch. SAUVAGE (1960) admet que les sous-associations traduisent des nuances microclimatiques et micro-édaphiques au sein d'un étage bioclimatique et d'un secteur floristique donnés; pour cet auteur, les variantes traduisent un changement d'étage ou de sous-étage bioclimatique dans des conditions micro-édaphiques et microclimatiques données; les formes désignent des conditions écologiques identiques, mais dans des secteurs floristiques différents, alors que les faciès correspondent au développement prépondérant et temporaire d'une espèce. Tout comme DUVIGNEAUD et nous-mêmes, SAUVAGE estime que ces subdivisions, à l'exception du faciès, ont leurs caractéristiques

d) Résumons

Dans le présent mémoire, la subordination suivante a été adoptée. Les variations de compositions floristiques, au sein d'une association végétale, peuvent avoir trois origines principales :

- le climat
- le sol
- l'action humaine et animale.

Ces trois facteurs peuvent agir isolément ou concurremment. En conséquence, nous admettons ici les subdivisions suivantes de l'association.

- a. Les variantes sont induites par une modification climatique.
- b. Les sous-associations résultent de modifications édaphiques.
- c. Les sous-variantes correspondent à des modifications climatiques alliées à des modifications édaphiques.
- d. Les faciès résultent de l'action humaine ou animale et peuvent se surimposer à toutes les autres subdivisions.
- e. Les séries désignent des variations quantitatives.
- f. Les stades sont des étapes dynamiques.

C. — Mise en évidence des groupements; l'écogramme

Les groupements végétaux étant formés d'une combinaison déterminée et fixe des groupes écologiques, comment hiérarchiser ces groupes pour mettre en évidence, définir et expliquer les groupements ?

a) Hiérarchisation des groupes écologiques

La mise en évidence des groupements à partir des groupes écologiques s'est avérée délicate surtout dans les cas de groupements présentant une grande aire d'extension comme c'est le cas des steppes à *Rhantherium suaveolens* ou de celles à *Artemisia herba alba*. Prenons le cas des steppes à *Rhantherium suaveolens*. Ces groupements se développent avec

des caractéristiques propres permettant de les définir. A l'encontre de DUVIGNEAUD et de nous-mêmes, SAUVAGE ne propose aucune hiérarchie des subdivisions qu'il emploie.

Discussion

Une des principales critiques que l'on pourrait adresser à notre avis, à la conception classique est de négliger le point de vue écologique et de ne pas situer les races géographiques dans la hiérarchie. Le système de DUVIGNEAUD, par ailleurs très logique, présente une difficulté : il est le plus souvent impossible de choisir entre variante et forme : l'humidité du sol étant très souvent fonction de sa « nature ».

La seconde critique que l'on peut adresser à DUVIGNEAUD est d'employer le terme de variante dans deux sens différents (variantes édaphiques et variantes anthropogènes). La conception de SAUVAGE est plus claire à ce point de vue, mais l'auteur ne hiérarchise pas les différents termes qu'il emploie.

Nous n'avons pas la prétention de penser que la hiérarchie que nous avons proposée soit parfaite; on peut nous reprocher de placer le terme de variante à un rang plus élevé que la sous-association et de ne pas suivre en cela le parallélisme avec la nomenclature taxonomique qui place la sous-espèce au-dessus de la variété. Comme il s'agit d'une subdivision de groupements végétaux et non d'espèces nous pensons qu'un tel parallélisme ne s'impose pas nécessairement (cf. GAUSSEN, 1954; SAUVAGE, 1960).

Pour nous le terme de variante a le sens de « variante climatique », dans le sens ou plusieurs phytosociologues l'admettent tels : REYNAUD-BEAUVERIE (1936, p. 227) ou M. GUINOCHET (1955, p. 84). Car, dans un pays comme le Sud tunisien les variations floristiques régionales au sein des associations sont toutes imputables à des variations de climat (aridité ou degré de continentalisme, principalement); les vicissitudes historiques n'interviennent sur la flore que sur un plan plus élevé.

Ainsi conçues nos variantes correspondent aux « races géographiques » d'associations telles que l'entendent BRAUN-BLANQUET et ses élèves, de même que DUVIGNEAUD.

une physionomie assez uniforme depuis El Djem (pluviosité = 268 mm) jusqu'à Remada (P = 70 mm). El Djem est à la limite des climats semi-aride et aride alors que Remada appartient déjà au climat saharien.

Dans l'apparente homogénéité des steppes à *Rhantherium* nous avons pu mettre en évidence cinq groupes éco-climatiques.

Or, sous tous les climats considérés, le steppe à *Rhantherium* colonise les mêmes catégories de sols : sables moyens, plus ou moins éoliens, recouvrant ou non divers substrats (croûtes calcaires, encroûtements gypseux, marnes, etc...). A chaque facteur édaphique correspondent des variations corrélatives dans la composition floristique déterminant des groupes éco-édaphiques.

Nous avons donc deux catégories de groupes écologiques : les groupes éco-climatiques liés aux climats et les groupes éco-édaphiques liés aux sols (l'action humaine est sensiblement identique partout : ce sont des terrains de parcours).

Nous avons pensé qu'il convenait de subordonner les groupes éco-édaphiques à ceux qui tirent leur origine du climat. Ce postulat de prépondérance des actions climatiques est parfaitement logique puisque l'évolution même des sols dépend du climat. Nous admettrons donc que les groupes écologiques climatiques déterminent les groupements principaux, tandis que les groupes écologiques édaphiques créent des subdivisions secondaires. Les groupes éco-climatiques déterminent, par conséquent, les associations et les variantes alors que les groupes éco-édaphiques donnent naissance à des sous-associations ou à des sous-variantes.

b) Principe de l'écogramme

La hiérarchisation des groupes écologiques permet une représentation graphique : les groupes éco-climatiques sont portés en abscisses et les groupes éco-édaphiques en ordonnée; les groupes éco-climatiques étant coiffés par le groupe principal caractéristique de l'association, c'est le principe même de l'écogramme (fig. 1).

		A						
		Groupe écologique principal						
		Groupes écoclimatiques						
		I	II	III	IV	V		
Groupes écoédaphiques	a						sols	Sable
	a + b							
	a + c							
	--							
	--							
	--							
	--							
	--							
		CLIMAT =						

FIG. 1. — Principe de l'écogramme

Prenons un exemple : soit la steppe à *Rhantherium suaveolens*; elle s'étend de la limite des climats semi-aride et aride jusqu'au climat saharien. Cette aire climatique peut se diviser en cinq régions en fonction de l'aridité définie par l'indice d'EMBERGER : Q. A chacune de ces régions correspond un groupe éco-climatique; nous aurons donc les 5 groupes éco-climatiques suivants :

$$\begin{aligned} \text{I} &= \text{Q} = 30 \\ \text{II} &= \text{Q} = 25 \\ \text{III} &= \text{Q} = 20 \\ \text{IV} &= \text{Q} = 15 \\ \text{V} &= \text{Q} = 10 \end{aligned}$$

Dans ces diverses régions climatiques la steppe à *Rhantherium* colonise des sols comportant toujours un horizon sableux plus ou moins profond sous lequel peuvent exister des croûtes calcaires, des croûtes gypseuses, du gypse non encroûté, etc... Par ailleurs, l'horizon sableux superficiel peut être mobile ou non.

Nous aurons donc quatre groupes éco-édaphiques simples :

$$\begin{aligned} a &= \text{sable} \\ b &= \text{sable mobile} \\ c &= \text{croûte calcaire} \\ d &= \text{gypse} \end{aligned}$$

Or ces quatre groupes éco-édaphiques simples = $abcd$ peuvent se combiner sur les sols complexes. C'est ainsi que l'on peut avoir :

- | | |
|--|-----------------|
| 1. un sable profond non mobile qui déterminera la présence du groupe éco-édaphique | a |
| 2. un sable profond et mobile sera caractérisé par | $a + b$ |
| 3. un sable non mobile sur croûte calcaire | $a + c$ |
| 4. un sable non mobile sur gypse non encroûté | $a + d$ |
| 5. un sable mobile sur croûte calcaire | $a + b + c$ |
| 6. un sable mobile sur gypse non encroûté | $a + b + d$ |
| 7. un sable non mobile sur croûte gypseuse | $a + c + d$ |
| 8. un sable mobile sur croûte gypseuse | $a + b + c + d$ |

soit 8 combinaisons éco-édaphiques.

Ces combinaisons peuvent exister dans chacune des 5 régions climatiques; de sorte que 8 combinaisons éco-édaphiques se subordonnant à 5 groupes éco-climatiques déterminent :
 $8 \times 5 = 40$ groupements végétaux.

Tous ces groupements végétaux possèdent en commun le groupe écologique principal A constitué des espèces psammophiles de l'étage aride du Sud tunisien; ce groupe principal caractérise l'ensemble des groupements de la steppe à *Rhantherium suaveolens*; il leur confère une physionomie uniforme; c'est le trait d'union de tous ces groupements affines.

c) Mise en évidence des groupements

Seule une représentation graphique permet de voir clair dans cette collection de groupements, c'est-à-dire de les mettre en évidence, de les hiérarchiser, de préciser leur parenté et de les expliquer; cette représentation graphique c'est l'écogramme (fig. 2).

On remarquera que le groupe éco-édaphique a se retrouve dans tous les groupements en compagnie du groupe écologique principal A. Mais il y a une différence fondamentale entre A et a : le premier caractérise la steppe à *Rhantherium* tandis que le second se retrouve dans

d'autres types de steppes arénicoles et ne peut donc, à lui seul, caractériser l'ensemble de la steppe à *Rhantherium*.

d) Analyse et interprétation de l'écogramme

L'étude de l'écogramme de la steppe à *Rhantherium* (fig. 2) amène un certain nombre de remarques.

1^{re} Remarque. — La steppe à *Rhantherium* se développe au sein du climat aride dans cinq zones climatiques différentes.

La steppe ne sera donc pas absolument homogène dans l'ensemble de son aire climatique. Au contraire, il existera des différences de composition floristique entre les steppes des différentes zones. Ainsi à chaque zone correspondra un groupe floristique éco-climatique, puisque induit par le climat. Chacun de ces groupes floristiques caractérisera une forme particulière de steppe à *Rhantherium* : une variante climatique. La steppe comprendra donc en premier lieu cinq variantes.

Groupes écoéda- phiques	a	Groupe A écologique principal					Sable profond non mobile
		Groupes éco-climatiques					
		I	II	III	IV	V	
	a + b	AI a	AII a	AIIIa	AIVa	AVa	Sable profond et mobile
	a + c	AI ab	AII ab	AIIIab	AIVab	AVab	Sable non mobile sur croûte calcaire
	a + d	AI ac	AII ac	AIIIac	AIVac	AVac	Sable non mobile sur gypse non encroûté
	a + c + d	AI ad	AII ad	AIIIad	AIVad	AVad	Sable non mo- bile sur croûte gypseuse
	a + b + c	A Iacd	AIIacd	AIIIacd	AIVacd	AVacd	Sable mobile sur croûte calcaire
	a + b + d	A Iabc	AIIabc	AIIIabc	AIVabc	AVabc	Sable mobile sur gypse non encroûté
	a + b + c + d	A Iabd	AIIabd	AIIIabd	AIVabd	AVabd	Sable mobile sur croûte gypseuse
etc...	A Iabcd	AIIabcd	AIIIabcd	AIVabcd	AVabcd	etc...	
--						--	
	Q = 30	Q = 25	Q = 20	Q = 15	Q = 10		
CLIMAT = méditerranéen aride							

SOLS
SABLEUX

FIG. 2. — L'écogramme de la steppe à *Rhantherium suaveolens*

Or à la suite d'une démonstration antérieure (cf. § A) nous avons été amené à subordonner les facteurs édaphiques aux facteurs climatiques; en conséquence, du point de vue hiérarchique, la variante constituera au sein de la steppe à *Rhantherium* la subdivision de premier rang.

2^e Remarque. — Chacune des variantes de la steppe à *Rhantherium* colonise des sols possédant une caractéristique commune : celle d'avoir un horizon sableux superficiel. Ces sols parents diffèrent cependant par la présence, sous la couche sableuse superficielle, d'une croûte calcaire ou gypseuse, etc... On aura donc plusieurs catégories de sols (huit dans le cas de la fig. 2).

Ces différents facteurs édaphiques (croûte calcaire, croûte gypseuse, etc...) provoquent des différences de composition floristique qui constituent des groupes floristiques éco-édaphiques au sein d'une même variante. Chacun de ces groupes éco-édaphiques caractérisera une forme particulière de steppe au sein de chaque variante; ce sera la sous-variante édaphique qui, de par son origine, sera subordonnée à la variante et constituera au sein de la steppe à *Rhantherium* la subdivision de second rang.

Il faut bien remarquer que chaque variante peut coloniser toutes les catégories de sols (des huit catégories définies dans la fig. 2).

3^e Remarque. — Le nombre de facteurs édaphiques susceptibles d'intervenir pouvant être assez grand, le nombre de groupes écologiques l'est aussi.

Supposons, par exemple, que l'on rencontre un groupement à *Rhantherium* sur un sol sableux en surface mais présentant un horizon argileux en profondeur : ce caractère édaphique se traduira dans la végétation par la présence d'un nouveau groupe écologique; le groupement considéré aura naturellement sa place dans une case de l'écogramme si l'on porte le groupe écologique pélophile *e* en abscisse.

De fait, le nombre de groupements définis par l'écogramme de la fig. 2 n'est pas limitatif.

4^e Remarque. — Le choix de l'association type. — Le choix du type de l'association pose un problème délicat. Reprenons le cas de la steppe à *Rhantherium*; l'écogramme et les tableaux floristiques nous montrent plusieurs possibilités.

a) Dans le cas où il n'existe pas de grandes différences floristiques entre les groupes éco-climatiques, on peut considérer qu'il n'y a qu'une seule association comprenant cinq variantes climatiques. Supposons que ce soit le cas de la steppe à *Rhantherium*. La variante située au centre de l'aire, du point de vue climatique et dont la composition floristique est moyenne sera considérée comme le type de l'association; ici l'association type sera représentée par la variante III. Les subdivisions de l'association type correspondant aux sous-variantes seront appelées sous-associations; celle qui se développe sur un profil homogène (sur sable profond non mobile) et présente la composition floristique la plus simple constituera la sous-association typique; ici la sous-association typique sera A III *a* (fig. 2).

Les autres sous-associations seront dites différentielles. Par conséquent on obtient les correspondances suivantes :

- association type variante
- sous-association type sous-variante type
- sous-association différentielle sous-variante différentielle (fig. 3).

b) Si, au contraire, les groupes éco-climatiques présentent de grandes différences en nombre d'espèces et en degré de recouvrement on pourra être amené à considérer que chaque groupe éco-climatique détermine une association autonome; l'écogramme sera alors un écogramme d'alliance (au sens de BRAUN-BLANQUET).

c) Dans le cas réel de la steppe à *Rhantherium* les différences floristiques sont telles entre les groupes éco-climatiques que ceux-ci se répartissent en deux sections déterminant deux associations; la première groupe les variantes I, II et III et la seconde les variantes IV et V. En effet, les groupes éco-climatiques I, II et III diffèrent relativement peu les uns des autres

(nombre d'espèces faible dans chaque groupe et recouvrement peu important des espèces). Il en est de même pour les groupes IV et V. Mais il y a de grosses différences entre les groupes I, II, III, d'une part et IV, V, d'autre part (cf. tableaux d'alliances et d'associations à la fin du volume).

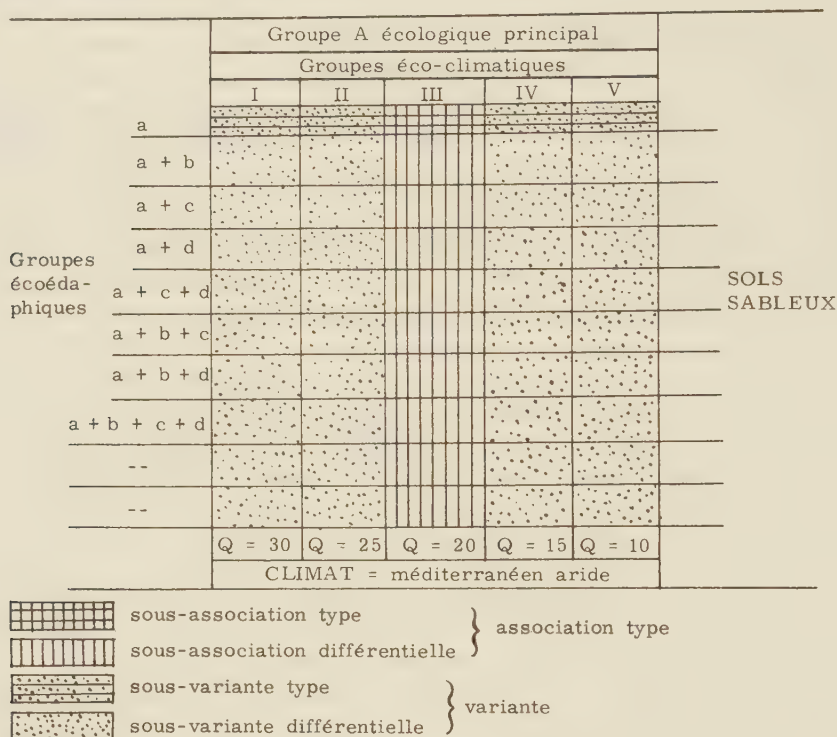


FIG. 3. — Interprétation de l'écogramme

d) En conclusion, il n'y a et il ne saurait y avoir de règle absolue dans le choix du type de l'association; c'est en définitive l'analyse des tableaux floristiques d'alliances et d'associations qui permettent de définir le rang phytosociologique des groupements principaux mis en évidence par l'écogramme.

Par conséquent, l'écogramme permet d'expliquer les tableaux d'associations, mais ne saurait en aucun cas les remplacer.

215. — CONCLUSIONS

Notre méthode d'étude de la végétation est d'origine Zuricho-montpelliéraine; mais nous accordons une plus grande importance à l'étude des conditions écologiques et à leur incidence sur la composition de la végétation. En réalité, cette conception est moins révolutionnaire qu'il n'y paraît, ainsi que l'a très justement fait remarquer R. NÉGRE (1959), car la méthode des groupes écologiques est contenue en germe dans l'œuvre de phytosociologues des plus classi-

ques tels que TUXEN ou BRAUN-BLANQUET. De fait, notre travail est un essai de *phytosociologie causale*; nous nous sommes efforcé d'élucider le déterminisme qui régit la genèse des groupements végétaux de la Tunisie méridionale.

Il ne suffit plus maintenant, pensons-nous, de décrire des groupements végétaux; il faut aussi expliquer leur raison d'être. On admet habituellement, comme un postulat, que la végétation intègre l'ensemble des facteurs du milieu. En réalité les rapports de causalité entre la végétation et le milieu peuvent se démontrer par une analyse détaillée. Par conséquent, toute diagnose exclusivement floristique d'un groupement végétal organisé risque d'être arbitraire. En se fondant uniquement sur les critères floristiques on peut classer les relevés phytosociologiques d'une région de multiples façons. Si l'on n'a qu'une connaissance superficielle des conditions écologiques responsables des combinaisons d'espèces, on ne peut définir rationnellement les groupements et encore moins les expliquer.

Ce point de vue est implicitement contenu dans la définition de L. EMBERGER (1958) pour qui « l'association végétale est un groupement floristiquement défini croissant dans des conditions écologiques déterminées et où les rapports interspécifiques et interindividuels sont réglés par la concurrence vitale ». Nous faisons notre cette définition inspirée de FLAHAULT en constatant que le deuxième terme concernant les « conditions écologiques déterminées » a été trop souvent perdu de vue. La méthode des groupes écologiques permet d'expliquer la présence des plantes constituant les groupements. Bien plus, elle permet de *prévoir*, au moyen de l'écogramme, la composition floristique d'un groupement hypothétique qui naîtrait lorsque telles ou telles conditions écologiques seraient réunies.

En cela la méthode est rationnelle. Elle nous a permis de rendre compte de tous les groupements végétaux rencontrés dans la Tunisie méridionale. Ces groupements viennent s'insérer dans un ensemble logique et cohérent; il n'y a pas de groupements ni de relevés atypiques, tous les groupements de transition sont mis en évidence et expliqués.

Dans le présent mémoire chaque association étudiée a reçu une description dont le plan est le suivant :

1. — Etude du milieu :

- Géographie (aire de l'association);
- Topographique;
- Climatique;
- Edaphique;
- Humain.

2. — Etude phytosociologique :

- Physionomie - structure;
- Diagnose;
- Biologie;
- Discussion-interprétation.

A cette description nous avons cru devoir joindre notre point de vue sur les possibilités de mise en valeur des milieux définis dans la description des groupements. Les recherches phytosociologiques-écologiques nous ont permis de résoudre des problèmes pratiques importants; ces applications seront brièvement rappelées dans un chapitre consacré à cet effet à la fin du mémoire.

22. — ÉTUDE DU CLIMAT (8)

A partir des données fournies par la Météorologie Nationale ou le Service Météorologique de Tunisie, nous avons calculé certains indices climatiques, tels que les divers indices de THORNTHWAITE, le déficit de saturation, puis nous avons tenté d'établir une synthèse climatique et bioclimatique principalement fondée sur la méthode EMBERGER. Cette méthode

repose sur le calcul d'un indice donné par la formule : $Q = \frac{2\,000\ P}{M^2 - m^2}$.

$\overline{M}$ = moyenne de maxima du mois le plus chaud, et

$\overline{m}$ = moyenne de minima du mois le plus froid; $TO = -273$.

Outre le quotient pluviothermique, EMBERGER fait intervenir $\overline{m}$; il porte les stations sur un graphique en coordonnées cartésiennes, où il place Q en ordonnées et $\overline{m}$ en abscisses. Les limites entre les climats sont établies à l'aide des données de la phytogéographie.

Le quotient d'EMBERGER tient compte indirectement de l'évaporation, puisque celle-ci varie dans le même sens que l'amplitude des oscillations thermiques. Ce quotient a l'avantage de pouvoir se calculer pour la plupart des stations alors que les mesures directes d'évaporation, outre qu'elles sont sujettes à caution, demeurent l'apanage de quelques rares stations privilégiées.

En vue d'améliorer, si possible, la définition des climats nous avons fait intervenir un coefficient $\frac{10\ P}{Ds}$ (9) qui se montre très sensible au degré de continentalisme; nous avons également étudié le bilan hydrique du climat par la méthode de THORNTHWAITE, et nous verrons que cette méthode se montre en accord avec les normes admises en agronomie.

En ce qui concerne la pluviosité, nous avons constaté que, dans le Sud et l'Extrême Sud, la distribution de la végétation était en désaccord avec les cartes des précipitations existantes. Après de longues recherches bibliographiques nous avons pu réunir des données concernant la pluviosité de l'Extrême Sud. Ces données qui avaient été relevées dans les postes militaires entre les deux guerres étaient malheureusement fragmentaires. Pour en tirer un parti valable nous les avons corrigées de la façon suivante.

Les n années pour lesquelles existent des données complètes en une station S sont comparées aux mêmes années des stations principales voisines pour lesquelles de longues séries d'observations existent. L'on détermine ainsi la station principale R dont le régime pluviométrique présente la meilleure corrélation avec celui de la station S . Cette corrélation est obtenue par la classique formule :

$$\rho = \frac{\sum (x-x)(y-y)}{\sqrt{\sum (x-x)^2 \cdot \sum (y-y)^2}}$$

La meilleure corrélation n'est pas forcément obtenue avec la station la plus voisine

(8) Cf. aussi *infra*, p. 67, pour les méthodes de représentation synthétique des climats (§ 33).

(9) Ds = Déficit de saturation = Différence entre la tension maxima de vapeur et la tension effective à une température donnée.

géographiquement : ainsi pour Sidi Toui, la meilleure corrélation a été obtenue avec Tatahouine et non avec Ben Gardane.

Pour la station de référence R ainsi choisie on calcule la moyenne pluviométrique à partir des n années d'observations communes avec la station S; soit P_n cette moyenne, soit P la moyenne sur 50 ans de la station de référence et P_s celle calculée à partir de n années de la station S. La moyenne P_s calculée avec les données fragmentaires de S est ensuite multipliée par le rapport $\frac{P}{P_n}$ ce qui donne la pluviosité corrigée : $P_c = \frac{P}{P_n} \times P_s$. Cette méthode nous a permis de dresser une carte des précipitations du Sud qui se montre en accord d'une part avec les chiffres cités par FANTOLI (1952) pour les zones contigues de Libye et d'autre part avec la végétation observée. Car le facteur pluviosité tendant vers son minimum, la végétation y devient très sensible dans le Sud, conformément à la loi de LIEBIG.

23. — ÉTUDE DU SOL (10)

Chaque relevé floristique est accompagné dans notre méthode, par un relevé du profil du sol. Nous avons étudié les sols par les méthodes pédologiques courantes mais toujours d'un point de vue à la fois biologique et physico-chimique, notre souci constant en cette matière étant d'étudier et d'élucider les relations sol-végétation.

231. — L'ÉTUDE SUR LE TERRAIN

L'étude sur le terrain a été faite par les critères morphologiques habituels de texture, structure, compacité, couleur, réaction à HCl, etc., analysées pour les différentes strates du profil, jusqu'à une profondeur minima de 2 m. L'observation sur tranchées a toujours été préférée au sondage, les sondages n'intervenant que pour des contrôles destinés à vérifier les hypothèses découlant des observations faites sur les tranchées. A chaque fois que cela a été possible nous avons utilisé les données fournies par les études de nos camarades pédologues de la Section de Pédologie du Ministère des Travaux publics de Tunis sur certains périmètres irrigables. La plupart des profils étudiés dans le Sud par P. DESSUS, J. GELPE et R. SABATHÉ ont ainsi pu être reliés à la végétation.

Nous avons rarement abordé les problèmes de pédogénèse. C'est là l'objet propre de la Pédologie et, bien que ces notions soient fort importantes elles ne paraissent pas toujours essentielles dans la recherche des rapports sol-végétation qui est l'un des buts principaux que se fixe l'écologiste. Il importe beaucoup plus, pour comprendre la végétation, de savoir quels sont les caractères de texture, de structure et de chimisme des différents horizons, que de savoir si l'on a affaire à un sol brun sub-aride ou à un sol brun-rouge sub-aride.

(10) Le terme « sol » est entendu dans le sens le plus large, c'est-à-dire de substrat édaphique où se développent les racines.

Les analyses physiques et chimiques ont été faites soit par nous-même ou par M. LECERF sur nos directives, au laboratoire d'Agronomie de l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Tunisie, soit sous la direction de M^{me} HOLDERBACH au laboratoire de Pédologie du Ministère des Travaux Publics de Tunisie. Elles ont pour but de contrôler l'observation sur le terrain ou de la compléter sur certains points.

232-1. — Analyses physiques

La granulométrie est appréciée par tamisage de 100 à 2 000 μ et par sédimentation par la méthode à la pipette de ROBINSON de 0 à 100 μ . Dispersion à l'hexametaphosphate de sodium. Dans les profils que nous avons étudiés et décrits personnellement, nous avons tenu à compléter les données de la granulométrie par la mesure de l'humidité équivalente. Celle-ci est obtenue après 40 minutes de centrifugation à 1 000 g d'un échantillon préalablement saturé d'eau. L'humidité équivalente donne des résultats plus précis et plus aisés à interpréter surtout lorsqu'il s'agit de terres plus ou moins riches en sulfates, comme c'est souvent le cas dans le Sud tunisien. L'on sait que dans ces conditions les données granulométriques sont toujours plus ou moins illusoires. Aucune des méthodes correctives proposées ne donne satisfaction; il est difficile d'obtenir une dispersion convenable malgré de longues lixiviations préalables des échantillons.

Nous avons adopté l'échelle granulométrique proposée par P. DESSUS pour les Sols du Sud tunisien :

Tamisage	{	2 000 à 1 000 μ	= Sable très grossier.
		1 000 à 500	= Sable grossier.
		500 à 200	= Sable demi-grossier.
		500 à 100	= Sable demi-fin.
Sédimentation	{	100 à 50	= Sable fin (sablon).
		50 à 20	= Sable très fin (Limon grossier).
		20 à 2	= Limon.
		— de 2	= Colloïdes minéraux.

Le pH est apprécié par la méthode électrométrique sur pâte saturée à partir de la terre fine, sèche homogénéisée; pH mètre avec électrode de mesure en verre, électrode de référence au Calomel et pont gélosé au K Cl saturé.

Le pourcentage de saturation de la pâte est noté : il correspond à peu près à la limite de liquidité d'ATTERBERG qui est elle-même peu différente du double de l'humidité équivalente ou du quadruple du coefficient de flétrissement. Pour les sols salins la conductivité est mesurée sur les solutions extraites des pâtes saturées ce qui présente l'avantage de donner des chiffres comparables quelle que soit la texture.

232-2. — Analyses chimiques

Méthodes utilisées

Azote : Méthode KJELDAHL.

Carbone : Méthode ANNE.

Matière organique : $C \times 1,724$.

Calcaire total : Calcimètre BERNARD amélioré.

Chlore : Méthode titrimétrique classique au $\text{NO}_3 \text{Ag}$ en présence de $\text{Cr O}_4 \text{K}_2$.

Sulfates : Solubilisation par $\text{CO}_3 \text{Na}_2$, précipitation au $\text{Cl}_2 \text{Ba}$ et gravimétrie.

Calcaire actif : Méthode à l'oxalate d'ammonium (DROUINEAU-GALLET).

Phosphore assimilable : Méthode DYER.

Potassium : photomètre.

Sodium : photomètre.

Capacité d'échange à pH 7 : Méthode classique par percolation à l'acétate d'ammonium après lessivage à l'eau chaude pour éliminer les sels solubles; avec lavage à l'alcool et nouvelle percolation au ClK puis distillation au KJELDAHL.

Dans les sols calcaires et gypseux capacité corrigée $T' = T + \frac{T}{10}$.

Bases alcalines échangeables : dosage au photomètre de Na et K dans le percolat obtenu à l'acétate d'ammonium.

Bases alcalino-terreuses échangeables : complexométrie.

3

ÉTUDE DU MILIEU

31. — CADRE GÉOGRAPHIQUE

La présente étude concerne : le Centre et le Sud pour la partie floristique, c'est-à-dire toute la portion de la Tunisie située au sud et à l'est d'une ligne Enfidaville-Djebel Chambi. Pour la partie écologie et phytosociologie, nous nous sommes limité au Sud tunisien, c'est-à-dire à la portion de Tunisie située au sud d'une ligne Sfax-Gafsa-Moularès. Ces limites ne sont d'ailleurs pas arbitraires : la ligne Enfidaville-Djebel Chambi sépare la Tunisie centrale et méridionale des montagnes de la Dorsale tunisienne. La ligne Sfax-Gafsa-Moularès suit une série de djebels qui dépassent 1 100 m et limitent vers le nord la pénétration de l'influence saharienne. Les interruptions dans cette chaîne de montagne donnent d'ailleurs lieu à des digitations vers le nord de l'influence désertique particulièrement au niveau de Tamerza, de Gafsa et de Mezzouna. Les autres limites sont : le golfe de la petite Syrte et la frontière libyenne jusqu'à Rhadamès à l'est et au sud, la frontière algérienne à l'ouest et au sud. Nous avons cependant étudié la végétation du Sahel tunisien, et même celle de la Tripolitaine au cours de plusieurs missions auprès de la F. A. O.; les résultats de ces études feront l'objet de publications ultérieures. Le Sud tunisien dont il est ici question représente une surface d'environ 80 000 km².

L'ensemble du pays fait partie de l'Atlas saharien et du Sahara et serait probablement en totalité aussi aride que ce dernier, si ce n'était l'influence de la mer.

311. — LE RELIEF

Les chaînes de montagnes couvrent près du tiers de la région. A l'est de Gafsa on trouve la chaîne de l'Orbata (1 165 m) et du Bou-Hedma, à l'ouest de Gafsa surgit un triangle formé par les djebels Ben Younès, Bou Ramli et Attig orientés NW-SE et la chaîne des djebels Alima-Seldja sensiblement orientée E-W. Ce triangle limite la haute plaine de Moularès-Redeyeff. Dans les montagnes de ce triangle se trouvent les principaux centres phosphatiers de Metlaoui-Moularès-Redeyeff. Plus au sud, en bordure des Chotts, se dresse une seconde chaîne ininterrompue d'altitude plus basse (600 m) qui va de Tozeur jusqu'à Oudref, près de Gabès. Entre cette chaîne et celle de l'Orbata - Bou Hedma se dressent quelques monts isolés : Berda, Sehib, Chemsî.

Au sud du chott Fedjej, entre Kebili et El Hamma de Gabès, le Djebel Tebaga, qui est en réalité le flanc sud de l'anticlinal du Fedjej, domine les plaines avoisinantes de 400 m.

Au sud du Djebel Tebaga, les monts des Matmatas et des Dahars constituent un plateau

découpé qui descend en pente douce vers l'Erg à l'ouest; à l'est le plateau domine la plaine côtière de la Djeffara par une falaise à crête turonienne. Au cœur de la plaine littorale : deux massifs triasiques mineurs du Muschelkalk : les collines du Djebel Rehach et de Sidi Toui.

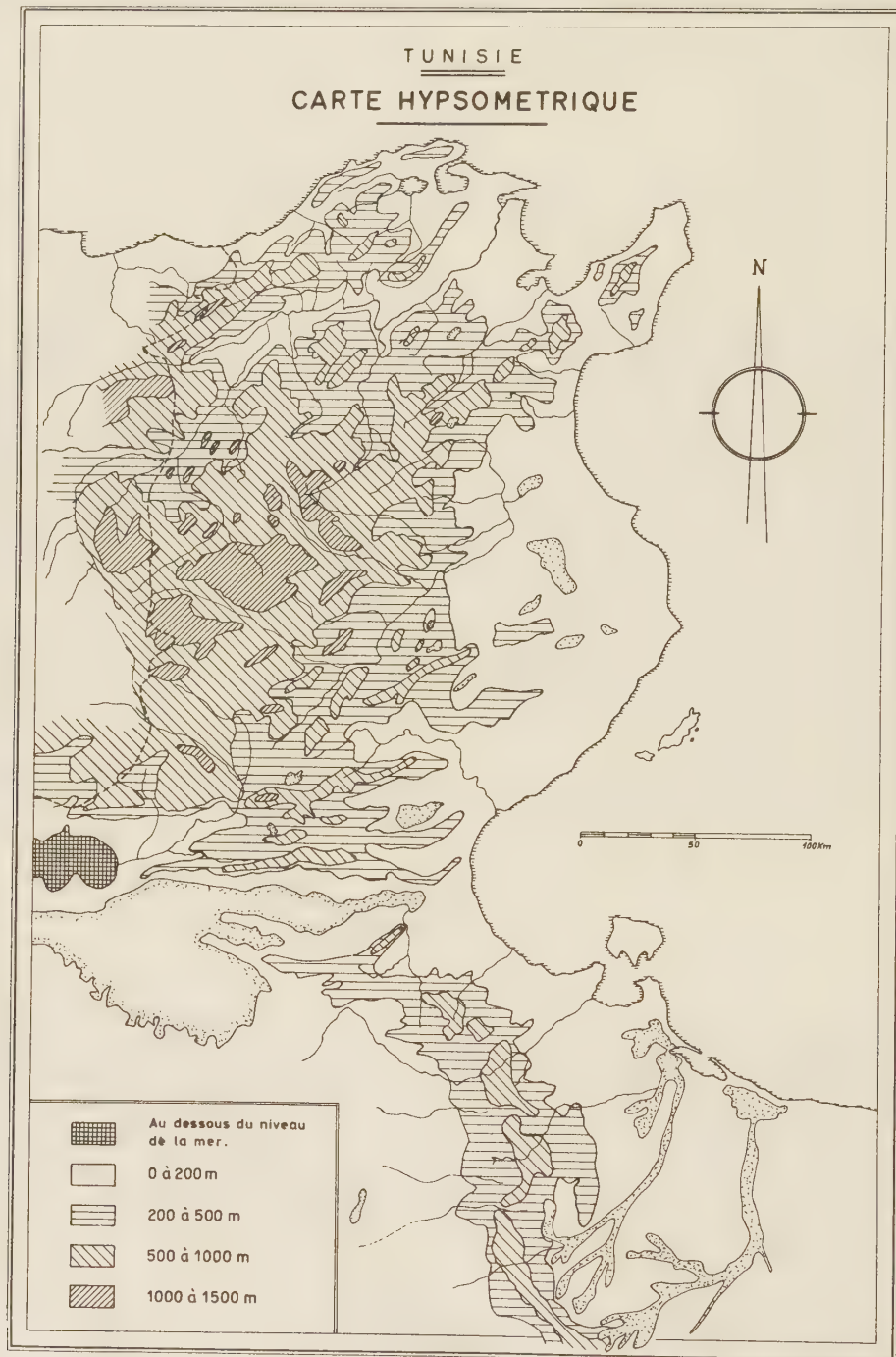


FIGURE 4

312. — LES PLAINES

Les reliefs sont entourés de grandes étendues basses et plates découpées par des oueds dont les crues déposent parfois d'importantes quantités d'alluvions de nature variable selon la nature géologique des terrains traversés en amont et la violence des crues. Les principales plaines ainsi formées sont : les seguis de Gafsa au sud de la chaîne de Metlaoui-Tamerza; la plaine de Gafsa-El Guettar au pied de l'Orbata, les steppes de Gouifla, le Bled Thala au pied de Bou-Hedma et le segui de Gabès au nord de la chaîne des Chotts. Au niveau de Gabès, les plaines se réunissent en un court sahel qui les relie à la plaine côtière de la Djeffara. La Djeffara s'étend entre la mer et le pied de la falaise des Matmatas en faibles ondulations dont les plus orientales constituent l'île de Djerba.

La Djeffara se prolonge en Tripolitaine jusqu'à Homs au bord de la grande Syrte.

A l'ouest de Gabès une vaste dépression comprend les Chotts : Fedjej, Djerid et les régions avoisinantes : la Bahira, le Nefzaoua, le Rherib et la région du Djerid située entre les chotts Djerid et Rharsa. L'altitude de ces derniers s'abaisse respectivement à + 20 et — 23 m.

Ces dernières régions présentent un caractère nettement désertique, bien que le Nefzaoua et le Rherib soient caractérisés par la présence d'une nappe phréatique et que le Nefzaoua soit parsemé d'une série de petites oasis naturelles constituées par des faibles jaillissements artésiens naturels à partir de la nappe campanienne.

313. — LES REGIONS NATURELLES

L'ensemble des études de milieu : climatique, géologique, humain, morphologique et enfin l'étude de la végétation conduit à distinguer dans le Sud tunisien 6 grandes régions naturelles qui sont :

1. — La région de l'Atlas saharien.
2. — La Djeffara.
3. — Le Djebel.
4. — Les Dahars.
5. — La région de Chotts.
6. — L'Erg.

313-1. — La région de l'Atlas saharien comprend essentiellement une alternance d'anticlinaux et de synclinaux orientés NE-SW sensiblement. Elle est située au nord des chotts et peut se diviser elle-même en 3 régions secondaires :

- a — la haute plaine de Redeyeff-Moularès;
- b — les basses plaines occidentales de Gafsa à Gouifla;
- c — les basses plaines orientales du Beld Thala et des Seguis.

313-2. — La Djeffara, ou plaine côtière, située entre le Djebel et la mer, se prolonge au nord par :

- a — le Sahel de Gabès qui rejoint les basses plaines orientales et le Sahel de Sfax aux environs d'Achichina;
- b — la Djeffara proprement dite située entre Gabès et la ligne Djebel Rechah-Sidi Toui;

c — l'île de Djerba;

d — l'Ouara située au sud d'une ligne Djebel Rechach-Sidi Toui et se poursuivant en Tripolitaine.

313-3. — Le Djebel est la zone frontale des cuestras qui limitent la plateforme saharienne.

a — comprend les Matmatas allant du Djebel Tebaga jusqu'à Douiret;

b — la falaise du Dahar qui va de Douiret à Dehibat et au delà en Libye (Gharian, Nalout, etc.).

313-4. — Les Dahars sont constitués par des revers de cuestras; ils s'étendent entre le Djebel et l'Erg depuis le Djebel Tebaga (Kebili) jusqu'à la Hamada El Hamra (Rhadamès). On peut y distinguer les :

a — les Dahars septentrionaux du Djebel Tebaga jusqu'à Bordj le Bœuf;

b — les Dahars méridionaux de Bordj le Bœuf à Rhadamès.

313-5. — La région des Chotts est formée par une vaste dépression qui comprend :

a — le Djerid (situé entre les chotts Djerid et Rharsa);

b — le Rherib situé entre le chot Djerib et le grand Erg;

c — le Nefzaoua situé entre le Djerid et les Dahars d'ouest en est et entre le Djebel Tebaga et le grand Erg du nord au sud;

d — la Bahira et la Gaâ qui sont formés par les glaces des deux rives du Fedjej que limitent le Djebel Tebaga au sud et la chaîne des Chotts au nord.

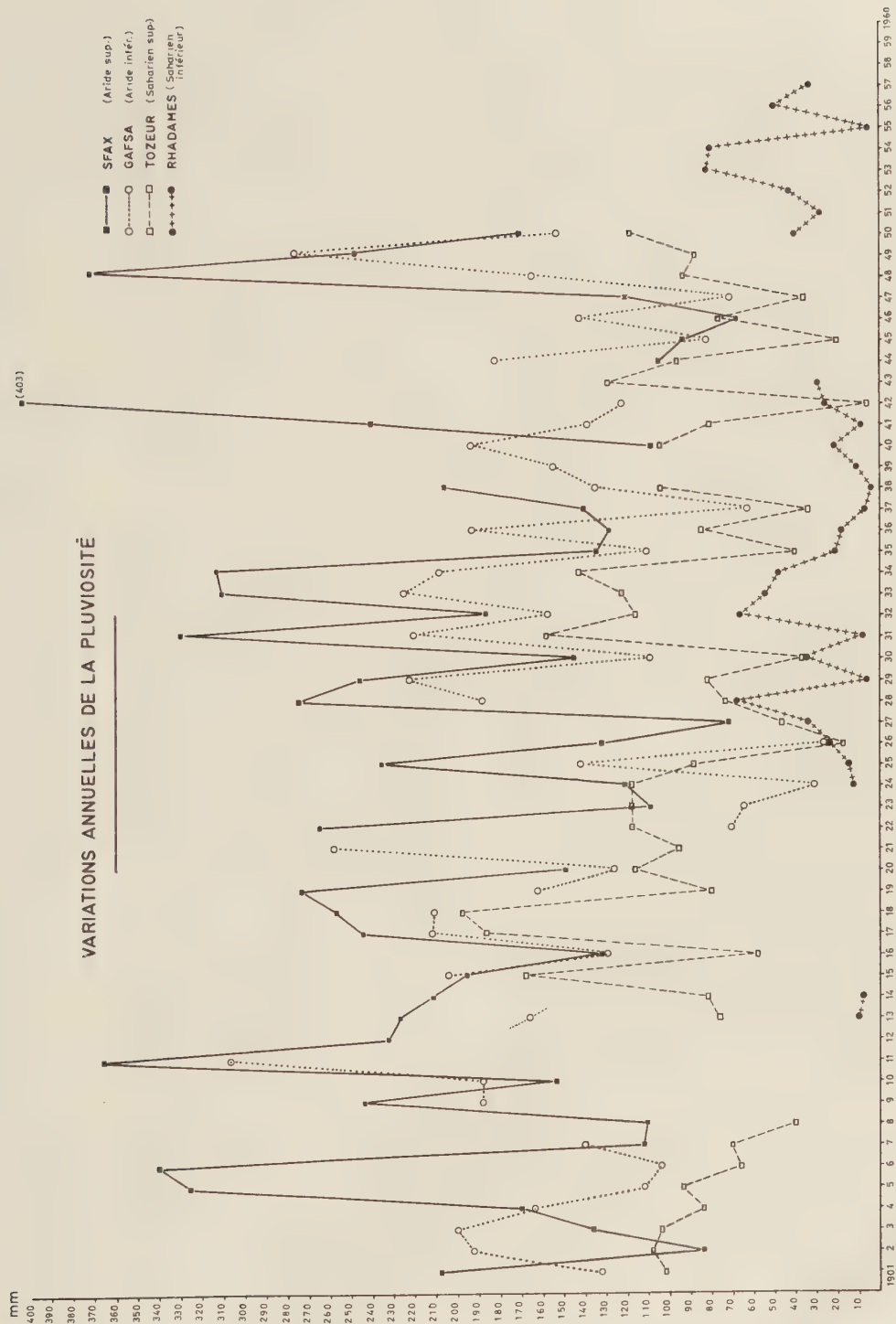
313-6. — L'Erg, situé de part et d'autre de la frontière algéro-tunisienne, est une vaste dépression où sont accumulés et repris par le vent des alluvions en provenance du Sahara central, oriental et septentrional.

32. — LES FACTEURS DU CLIMAT

321. — INTRODUCTION

Les données météorologiques concernant le Sud tunisien sont relativement nombreuses. Elles sont fournies par quatre stations principales : Gafsa, Gabès, Remada, Rhadamès; dix postes secondaires : Metlaoui, Tozeur, Kebili, Tatahouine, Matmata, Médenine, Ben Gardane, Djerba, Zarzis, Ksar Rhilane; enfin cinq postes pour lesquels n'existent que des données fragmentaires : Allouet El Gounna, Sidi Toui, Mechehed Salah, Dehibat et Bordj le Bœuf.

Les stations ont bénéficié de 50 années d'observation excepté Rhadamès (34 ans) et Remada (16 ans). Les postes à données fragmentaires ont donné des séries d'observations variant de 9 à 17 ans. Des renseignements météorologiques inédits ont été fort obligeamment mis à notre disposition par MM. PERUSSET, Chef du Service de la Météorologie nationale à Tunis, et PREZIOSI, Chef de la Station de Climatologie.



Précipitations annuelles (1901-1950)

Années	Stations						
	Sousse	El Djem	Sfax	Kairouan	Gafsa	Metlaoui	Tozeur
1901	230.4	287.1	208.2	270.6	137.2	-	102.6
2	397.5	250.2	85.0	278.0	193.0	-	108.6
3	501.7	486.0	137.9	410.0	200.3	-	104.2
4	456.9	283.7	170.0	431.6	164.2	88.0	84.0
5	307.6	301.2	326.4	163.0	112.4	126.2	94.2
6	727.5	465.5	340.0	299.0	104.5	205.0	66.6
7	131.3	-	112.9	262.9	141.8	152.0	71.9
8	344.3	159.5	100.4	-	109.5	57.0	40.3
9	246.8	-	244.6	-	188.5	126.8	-
10	275.1	-	154.3	210.5	188.5	128.4	-
11	482.0	-	366.8	310.8	307.7	269.6	-
12	319.9	-	233.2	280.8	-	178.3	-
13	241.2	244.5	227.9	233.6	167.2	116.4	77.4
14	171.4	116.0	211.3	193.5	-	-	83.9
15	292.0	-	195.2	418.8	205.7	-	169.9
16	473.0	287.1	133.7	494.7	132.6	-	59.2
17	286.0	397.7	245.4	333.3	212.6	206.8	186.6
18	300.6	379.2	257.1	376.6	210.4	187.7	198.4
19	333.4	-	274.5	270.5	163.5	115.5	81.7
20	399.5	289.7	149.0	285.8	126.5	100.2	117.9
21	516.8	-	-	463.4	258.5	94.0	96.2
22	133.9	152.2	266.8	193.8	70.5	91.7	118.3
23	341.4	-	109.2	262.5	64.5	103.3	118.5
24	242.3	144.0	122.7	213.5	31.5	63.3	119.4
25	322.8	-	236.0	297.6	142.2	95.6	89.5
26	220.0	-	132.6	243.4	27.0	65.7	18.5
27	193.4	-	71.7	230.9	-	122.9	47.7
28	-	380.0	275.1	388.4	189.6	116.1	74.8
29	362.0	-	256.9	321.9	221.5	168.0	83.8
30	237.2	-	145.6	229.0	109.2	67.0	38.1
31	570.9	579.0	329.0	427.1	220.0	179.9	158.1
32	271.5	316.4	186.5	267.9	157.8	129.2	116.6
33	402.5	466.2	310.9	391.1	226.8	211.3	123.9
34	661.5	531.6	313.9	545.2	208.2	195.6	143.9
35	224.1	278.0	134.5	229.2	110.4	93.5	41.7
36	290.3	191.1	128.6	300.8	193.6	188.5	85.0
37	146.9	194.4	140.0	113.0	63.8	55.3	34.4
38	264.4	264.1	206.1	233.5	135.2	130.2	104.5
39	352.7	190.2	-	285.0	155.9	126.0	-
40	231.9	126.7	109.1	169.7	193.3	105.7	106.6
41	351.3	236.5	240.7	271.3	138.0	188.7	80.6
42	-	-	403.7	282.0	122.9	128.2	6.0
43	-	-	-	254.4	-	120.1	128.6
44	345.6	-	105.8	214.5	182.1	114.7	96.4
45	112.1	67.8	94.5	54.6	82.3	17.9	20.8
46	139.1	144.6	68.9	117.3	142.0	131.5	77.1
47	218.2	92.5	120.4	235.9	71.1	112.4	36.2
48	370.4	410.2	372.9	397.5	164.1	92.3	93.6
49	227.4	387.6	247.0	312.0	276.7	206.2	88.5
50	343.6	284.7	170.9	313.0	152.9	140.6	118.6

Précipitations annuelles (Postes secondaires)

Années	Stations						
	Zarzis	Maknassy (Ksar Ahmar)	Allouet El Gounna	Sidi Toui	Fort Saint	Bordj le Bœuf	Dehibat
1924					(12)		(90)
25					17.0		161
26					26.5		91
27					(75)		94
28					45		169
29					33		82
30			97		1		65
31		460.4	138	116	1		84
32		390.1	192	135	22		185
33		221.9	268	169		148	119
34		549.7	263	170		98	120
35		125.5		76		202	129
36		164.2		76		42	53
37		116.1		100		-	42
38		294.0		117		M =	66
39		130.8				82.07	121
40		192.1					
41		252.9					
42		262.7					
43		251.1					
44		239.6					
45		237.2					
46	237	226.1	53				46
47	95	222.2	170	38			7
48	224	226.0	184	90			57
49	342	228.1	239	142			64
50	353	215.6	152	71			102
51	472		218	41			(45)
52		176.5					(38.8)
53		158.0					46.8
54		153.3					58.7
55							151.1
56							
57							
58							
59							
60							

Précipitations annuelles (1901-1950)

Années	Stations						
	Gabès	Djerba	Ben Gardane	Matmata	Medenine	Tatahouine	Kebili
1901	129.3	161.1	77.1	-	-	-	-
2	155.7	248.9	139.2	-	-	151.7	-
3	258.5	184.5	147.2	-	-	85.3	-
4	188.7	175.4	109.0	228.5	182.5	-	-
5	242.2	216.1	167.9	188.5	66.0	-	101.5
6	313.8	303.2	168.4	-	-	227.1	103.8
7	109.0	111.0	105.0	215.0	-	82.2	68.0
8	73.9	97.0	191.0	152.7	74.0	111.5	-
9	210.0	296.0	236.5	28.5	147.5	173.5	109.1
10	137.1	238.0	134.8	256.4	47.3	94.0	73.1
11	285.9	267.2	197.0	231.0	119.6	148.1	108.5
12	121.5	202.5	189.4	153.2	65.9	117.2	130.1
13	234.5	224.7	158.0	181.5	106.4	105.9	85.9
14	229.4	207.6	210.5	290.5	191.5	119.6	78.7
15	181.8	212.2	103.0	240.0	67.5	84.6	157.4
16	119.6	92.1	159.2	238.7	110.0	178.0	87.2
17	235.4	301.4	126.7	236.1	143.5	110.9	238.5
18	304.9	255.5	168.1	437.1	184.5	198.8	140.2
19	173.3	190.8	176.9	281.4	127.3	115.1	57.1
20	217.7	343.3	150.6	233.5	68.6	94.7	86.5
21	274.0	268.8	274.5	427.4	177.5	238.6	128.5
22	293.6	-	116.3	501.8	190.4	145.6	134.9
23	69.0	149.0	159.5	100.3	166.5	106.2	61.5
24	-	147.1	176.5	202.0	70.5	60.0	49.0
25	87.2	157.5	367.5	212.0	175.0	111.0	58.8
26	85.0	209.2	86.4	136.5	104.5	123.8	33.8
27	42.8	124.3	188.4	99.1	83.0	151.0	39.3
28	173.0	343.3	193.5	399.7	227.2	155.9	66.6
29	107.2	150.7	115.3	327.7	147.0	103.4	93.5
30	50.8	176.1	124.9	155.6	106.0	142.5	49.0
31	232.6	388.4	190.1	331.5	202.5	114.6	115.0
32	137.3	254.3	282.2	274.5	216.0	137.5	113.0
33	180.7	264.0	377.7	689.5	385.0	294.2	199.0
34	279.9	306.9	321.8	368.3	203.0	177.0	135.0
35	120.1	51.1	42.0	84.9	64.3	44.3	41.0
36	125.5	236.5	178.0	128.9	119.8	167.8	85.0
37	88.4	48.1	64.5	49.1	40.7	26.0	45.0
38	200.8	231.7	218.0	271.6	214.7	198.2	97.8
39	217.0	196.7	143.5	263.3	156.1	167.0	173.9
40	138.2	68.8	95.0	256.5	91.0	66.0	85.0
41	251.1	107.8	159.1	344.6	97.5	64.4	50.6
42	-	196.2	-	313.1	137.3	-	-
43	167.9	-	-	-	-	-	-
44	-	99.9	-	127.3	148.0	-	30.5
45	184.4	503.4	-	162.5	202.5	-	19.7
46	129.0	162.1	-	105.3	173.2	94.5	65.7
47	84.8	204.0	-	54.0	41.0	-	24.0
48	146.5	216.6	-	-	135.9	116.4	39.0
49	225.1	109.9	-	184.0	230.7	151.0	98.5
50	489.2	235.3	-	200.5	165.8	92.3	50.0

Précipitations annuelles

Années	Stations		
	Rhadamès	Sinaouen	Remada
1913	(11)		
14	(9.8)		
1924	(13.0)		
25	15.5	(4.9)	
26	25.1	(0.0)	
27	34.8	41.8	
28	68.9	81.7	
29	6.0	30.5	
1930	45.6	61.7	
31	8.5	(3.0)	
32	66.8	(19.0)	
33	55.8	51.6	
34	49.6	32.2	
35	22.7	45.7	
36	19.6	36.7	
37	7.0	(3.0)	
38	4.4	(100.7)	
39	11.3	(6.3)	
41	9.5		
42	26.3		
43	29.0		
44	 m = 43		 m = 52
45			
46			
47			
48			
49			
1950	40.5		71.1
51	29.3		45.0
52	43.0		92.4
53	83.8		95.8
54	81.6		103.7
55	6.2		80.9
56	50.7		74.4
57	34.6		138.0
58			
59			
1960			

322-1. — Généralités

Les chutes de pluies diminuent du nord au sud si l'on excepte les accidents dus au relief et à la proximité de la mer. De même, la variabilité de la pluviosité augmente à mesure que les chutes moyennes diminuent (cf. tableau suivant).

TABLEAU I

Stations	Durée d'observation	$\bar{P}$	σ	p	P	εp	Δp	Δ	v	np	i
Ain Draham	1901-50	1536	304	1069	2281	205	1331-1741	928-2144	0,20	118	13,01
Bizerte	"	620	146	366	931	99	521-719	328-914	0,24	113	5,48
Tunis (Manoubia)	"	426	111	266	700	75	351-501	204-648	0,26	102	4,17
Enfidaville	"	370	139	-	-	94	276-467	92-648	0,38	69	5,36
Sousse	"	326	130	112	727	88	238-414	66-586	0,40	69	4,72
Kairouan	"	281	102	54	545	68	212-350	77-845	0,36	53	5,30
El Djem	"	268	116	67	579	78	189-346	36-500	0,43	52	5,15
Matmata	"	239	86	49	689	58	181-297	67-411	0,36	31	7,70
Djerba	"	207	82	48	403	55	151-263	43-371	0,40	41	5,04
Sfax	"	199	85	68	403	57	141-256	29-369	0,43	43	4,62
Ben Gardane	"	186	70	42	377	47	138-234	46-326	0,38	27	6,88
Gabès	"	175	83	42	489	56	119-231	15-341	0,47	34	5,14
Gafsa	"	152	56	27	307	38	114-190	50-264	0,37	30	5,06
Medenine	"	135	52	40	385	35	100-170	31-239	0,39	36	3,75
Metlaoui	"	130	47	17	269	31	98-162	36-220	0,36	44	2,95
Tatahouine	"	123	32	26	294	22	101-145	49-187	0,30	32	3,84
Tozeur	"	90	41	6	198	27	62-118	8-172	0,46	22	3,09
Kebili	"	88	47	19	238	31	56-120	0-184	0,53	29	3,03
Rhadamès	1914-57	35	22	6	83	15	20-50	0-79	0,62	15	2,33
Zarzis	32 ans	202	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allouet el Gounna	11 -	180	67	53	268	45	135-225	46-314	0,37	27	6,66
Moularès	10 -	130	-	42	192	-	-	-	-	-	-
Redeyef	4 -	126	-	81	167	-	-	-	-	-	-
Sidi-Toui	13 -	103	43	38	186	29	74-132	17-189	0,42	-	-
Bordj le Bœuf	9 -	101	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dehibat	17 -	95	50	7	185	33	62-128	0-195	0,52	-	-
Remada	14 -	70	-	-	-	-	-	-	-	23	3,04
Mechehed Salah	9 -	81	36	49	124	24	57-105	9-153	0,44	-	-
Ksar Rhilane	4 -	62	52	38	151	35	27-97	0-166	0,84	-	-
Fort Saint	8 -	36	28	1	75	18	18-54	0-92	0,77	14	2,57
Sinaouen	14 -	45	27	6	100	17	17-51	0-88	0,76	13	3,4

Les symboles employés dans le tableau ont les significations suivantes :

$\bar{P}$ = hauteur moyenne des précipitations annuelles

σ = écart-type des précipitations annuelles

p = minima absolus des précipitations enregistrées en un an

P = maxima absolus de précipitations enregistrées en un an

εp = écart probable (0,6745 σ)

Δp = définit un intervalle à l'intérieur duquel les valeurs annuelles se situent avec une probabilité de 0,5, c'est-à-dire un cas sur deux ($\bar{P} \pm \varepsilon p$)

Δ = définit un intervalle à l'intérieur duquel les valeurs annuelles se situent avec une probabilité de 0,95, c'est-à-dire dans 19 cas sur 20 ($\bar{P} \pm 2\sigma$)

$v =$ coefficient de variabilité ($\frac{\sigma}{\bar{P}}$)
 $\bar{np} =$ nombre moyen de jours pluvieux
 $i =$ coefficient d'intensité pluviométrique relative ($\frac{\bar{P}}{\bar{np}}$).

Les calculs statistiques condensés dans ce tableau postulent les hypothèses d'une distribution normale des valeurs et l'absence de variation systématique de la variable. Ces hypothèses sont impossibles à vérifier en raison du nombre peu élevé des données et de la grande variabilité du facteur étudié.

Il est cependant probable que les courbes de distribution resteraient asymétriques avec un nombre de données plus élevé.

322-2. — Pluviosités moyennes enregistrées dans le Sud tunisien et les régions limitrophes

Le tableau précédent donne les moyennes pluviométriques enregistrées de 1901 à 1950 pour 14 stations du Centre et du Sud. Nous avons cru devoir y ajouter, à titre de comparaison, quatre stations tunisiennes de climats très différents de ceux du Sud. A ces stations s'ajoutent des postes à données fragmentaires. Ces données fragmentaires sont ramenées à des normales par la méthode proposée au paragraphe 2 (p. 34). Il s'agit donc pour ces postes de pluviosités corrigées (partie inférieure du tableau).

322-3. — Régimes pluviométriques

Dans le tableau ci-dessous (II) les régimes pluviométriques sont classés par ordre d'importance décroissante des pluies saisonnières et par la méthode Bénévent : 1^{er} maximum, 2^e maximum, 1^{er} minimum, 2^e minimum.

TABLEAU II

Stations	A	H	P	E	Année	Ordre décroissant	Classification Bénévent
Sousse	130	115	70	12	327	A H P E	A H E P
El Djem	98	89	64	16	267	A H P E	A H E P
Kairouan	98	78	85	25	286	A P H E	A P E H
Matmata	71	87	73	8	239	H P A E	H P E A
Djerba	90	74	41	2	207	A H P E	A H E P
Ben Gardane	61	79	39	2	181	H A P E	H A E P
Gabès	78	54	40	3	175	A H P E	A H E P
Gafsa	46	44	48	14	152	P A H E	P A E H
Medenine	44	53	42	2	141	H A P E	H A E P
Metlaoui	44	39	41	13	137	A P H E	A P E H
Tatahouine	34	48	43	3	128	H P A E	H P E A
Kebili	27	30	30	2	89	H=P A E	H P E A
Tozeur	28	28	28	5	89	A=H=P E	?
Remada	17	26	23	3	70	H P A E	H P E A
Rhadamès	10	20	14	1	45	H P A E	H P E A

Répartition des pluies

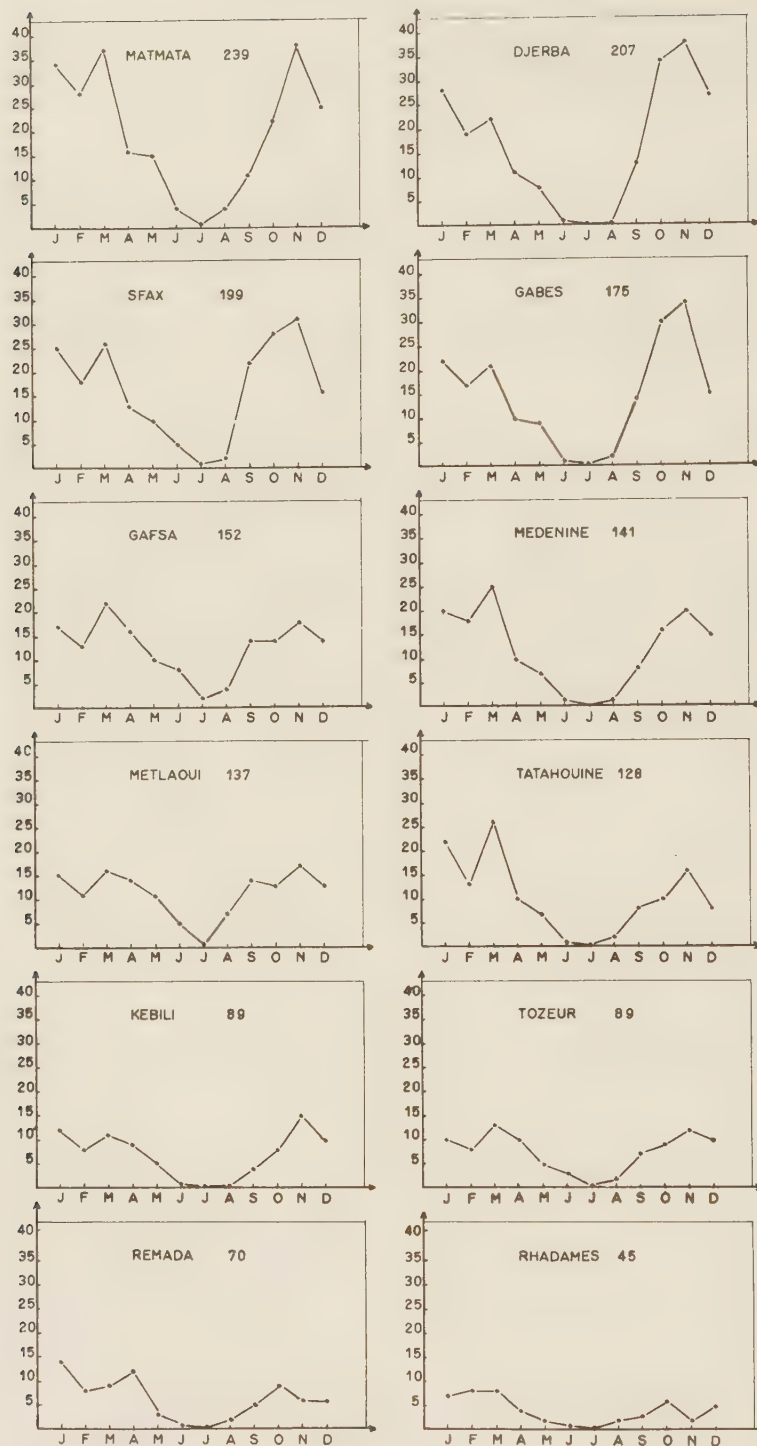


FIGURE 5

Les saisons correspondent aux saisons météorologiques (Hiver = décembre, janvier, février, etc.); ce tableau met en relief le fait que, en gros, les stations littorales, ou celles qui ne sont séparées de la mer par aucun écran montagneux, ont un régime à prédominance automnale (excepté Ben Gardane). Le cas le plus typique est celui de Djerba. Les stations continentales où l'influence maritime se fait peu sentir ont un régime à faible dominance hivernale ou printanière en réalité les 3 maxima sont alors équipossibles. Il est à remarquer que les stations sahariennes ont un régime à dominance hivernale d'autant plus marquée que le continentalisme est plus accusé.

Les diagrammes de répartition mensuelle de la pluviométrie illustrent encore mieux les relations existant entre la proximité de la mer et l'importance des pluies d'automne. Les stations à forte influence littorale présentent une courbe très brisée avec un fort maximum en novembre. Il y a toujours un minimum relatif en février. Les stations à influence continentale offrent une courbe plus aplatie. Ces graphiques mettent en évidence un phénomène général dans la région : on constate deux maxima : en mars et en novembre et deux minima relatifs outre l'été : décembre et février. Les faits sont un peu moins nets pour Remada et Rhadamès où les séries étudiées ne sont que de 16 ans au lieu de 50.

323. — LES TEMPERATURES (1901-1950)

TABLEAU III

Stations	$\frac{\overline{\overline{M}} + \overline{\overline{m}}}{2}$	$\overline{\overline{M}}$	$\overline{\overline{m}}$	M_a	m_a
Sousse	18,5	31,4	6,9	47	- 1
El Djem	19,2	36,7	4,9	52	- 2
Kairouan	19,1	37,7	4,5	49	- 4
Sfax	18,9	30,8	6,8	44	- 4
Matmata	18,9	35,2	5,4	48	0
Djerba	20,0	32,6	3,9	47	- 4
Ben Gardane	19,4	35,7	8,3	55	- 5
Gabès	19,3	31,9	5,9	50	- 3
Gafsa	19,3	38,1	3,9	53	- 6
Metlaoui	20,3	38,2	6,2	50	- 5
Medenine	20,5	36,8	5,5	52	- 3
Tatahouine	20,2	37,9	4,8	53	- 5
Tozeur	21,3	40,4	5,3	52	- 3
Kebili	20,9	42,2	3,1	55	- 7
Remada	20,7	38,3	5,7	49	- 3
Rhadamès	22,1	41	3,4	51	- 5

$\frac{\overline{\overline{M}} + \overline{\overline{m}}}{2}$ = Moyenne annuelle; $\overline{\overline{M}}$ = moyenne des maximums du mois le plus chaud (juillet);

$\overline{\overline{m}}$ = moyenne des minimums du mois le plus froid (janvier); M_a = maximums absolus;

m_a = minimums absolus.

$\overline{\overline{M}}$ = moyenne de maximums journaliers

$\overline{\overline{m}}$ = moyenne des minimums journaliers.

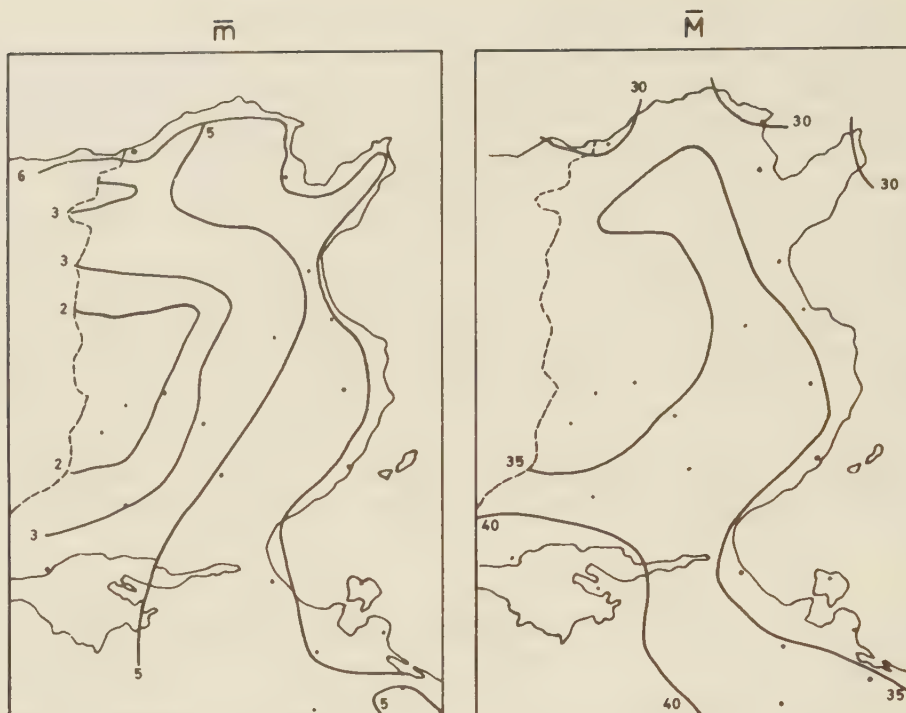


FIGURE 7

Il n'y a pas de grandes variations entre les stations en ce qui concerne la moyenne annuelle; seules les différences ($\bar{M} - \bar{m}$) d'amplitude thermique entre les stations sont considérables : 24° à Djerba; 39° à Kebilli.

TABLEAU IV
Nombre moyen de jours de gelée sous abri

Stations	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Année
Kairouan	0	2	0	0	2
Sfax	0	0	0	0	0
Gafsa	9	12	4	0	25
Remada	0	1	0	0	1
Rhadamès	0				

Les gelées ne sont pas à craindre à Djerba. Tandis qu'il gèle un mois par an à Kebili, 25 jours à Gafsa, 1 jour à Gabès, etc... Il est à noter que Ben Gardane, situé à moins de 10 km de la mer présente un régime thermique continental (amplitude saisonnière : 32°); ce fait est en accord avec le régime pluviométrique de cette station qui est également de caractère continental (Maximum hivernal).

324. — HUMIDITE - EVAPORATION

324-1. — L'humidité relative est une donnée assez scondaire pour l'écologiste car elle n'est pas en rapport simple avec le pouvoir évaporant de l'air.

Humidité relative % (moyennes 6 h, 12 h, 18 h).

TABLEAU V. — *Humidité relative*

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Sfax	73	76	78	77	72	69	67	71	72	75	71	71	72,6
Gabès	65	63	63	71	71	70	68	68	70	71	65	66	67,5
Kairouan	64	58	61	60	55	49	49	60	67	64	62	62	57,5
Gafsa	65	63	63	71	71	70	68	68	70	71	65	66	67,5
Remada	63	54	51	54	46	44	44	45	46	50	57	59	51
Rhadamès	56	46	42	34	27	24	24	29	30	41	44	49	37

324-2. — Le déficit de saturation varie a peu près parallèlement à l'évaporation dont il est un des facteurs déterminants avec l'insolation et le vent. Cependant, considérant que, dans le Sud, vitesse du vent et insolation dépendent peu de la station, le facteur différentiel d'évaporation devient le déficit de saturation. Nous avons calculé le déficit de saturation sur une période de 12 ans pour quelques stations du Centre et du Sud (cf. tableau VI).

TABLEAU VI. — *Déficit de saturation (en millibars)*

Stations	J	F	M	A	H	J	J	A	S	O	N	D	$\bar{M}$	Σ
Sousse	3.3	3.3	3.5	3.0	2.0	7.5	6.2	6.8	6.6	4.9	3.3	2.5	4.4	53
Zarzis (1953)	4.4	3.5	2.9	5.2	3.8	7.4	5.2	6.7	5.7	5.3	3.6	2.6	4.6	55
Tunis Aouina	2.2	2.3	4.0	6.3	6.6	11.2	11.5	10.7	10.0	7.0	3.0	3.1	6.4	76
Djerba	2.1	2.7	5.0	7.0	6.2	12.5	9.0	9.0	10.3	6.8	4.6	4.0	6.6	79
Sfax	4.4	4.3	5.4	6.3	7.4	9.1	10.3	9.8	7.5	7.4	5.4	4.3	6.8	81.6
Gabès	4.2	4.5	6.9	7.6	7.5	12.5	13.0	11.5	11.2	8.8	7.6	6.4	8.4	100
El Djem	3.5	2.7	5.3	6.0	6.5	20.0	21.0	18.2	12.0	7.6	4.5	4.4	9.2	111.7
Tatahouine	3.6	4.0	5.4	8.4	14.3	15.4	18.6	18.5	14.5	10.2	6.1	4.5	10.2	123.5
Kairouan	3.3	4.7	7.3	8.5	10.0	18.4	20.2	17.1	14.6	9.8	6.5	5.4	10.4	125.8
Gafsa	2.8	4.6	6.8	10.6	12.0	24.5	28.0	23.0	15.7	10.0	5.7	4.5	12.3	148.2
Remada	4.1	6.7	9.2	13.2	14.1	28.5	26.0	23.0	22.0	14.1	7.0	6.8	14.5	174.7
Rhadamès	5.3	7.5	12.6	21.2	24.0	35.5	38.4	32.0	35.0	20.3	10.0	7.5	20.7	249.3

DEFICIT DE SATURATION

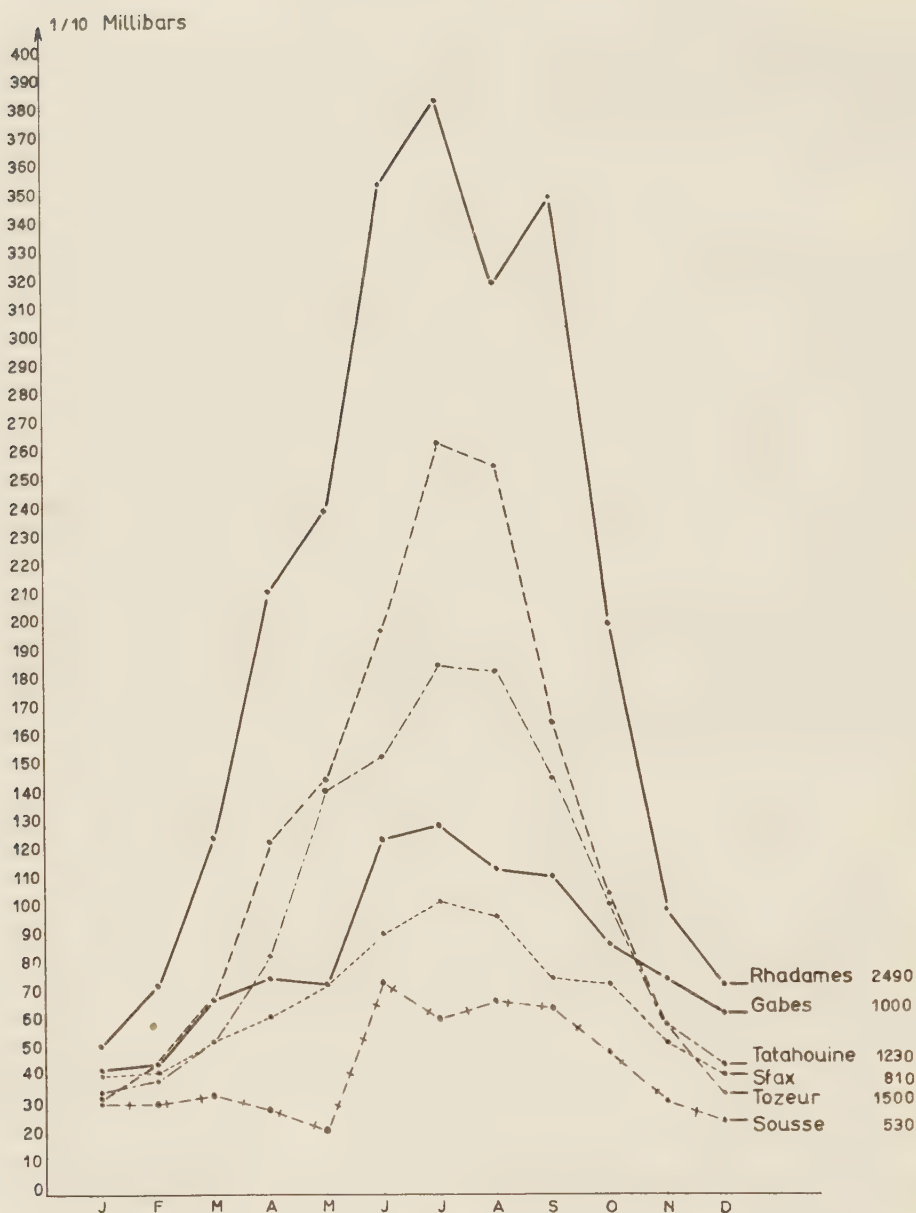


FIGURE 9

324-3. — L'évaporation. Bien que n'ignorant pas les difficultés d'interprétation des données de l'évaporomètre de Piche, nous croyons devoir donner ci-dessous les résultats obtenus à l'aide de cet appareil. On sait que l'évaporomètre de Piche fournit des chiffres relativement trop faibles aux températures élevées et relativement trop élevés aux basses températures. Mais des recherches sont en cours à la Station de climatologie de l'I.N.R.A. à Versailles qui permettront d'ici peu d'adjoindre aux valeurs données par le Piche un

coefficient de correction en fonction de la température; ce qui permettra peut être l'utilisation convenable des données de cet appareil.

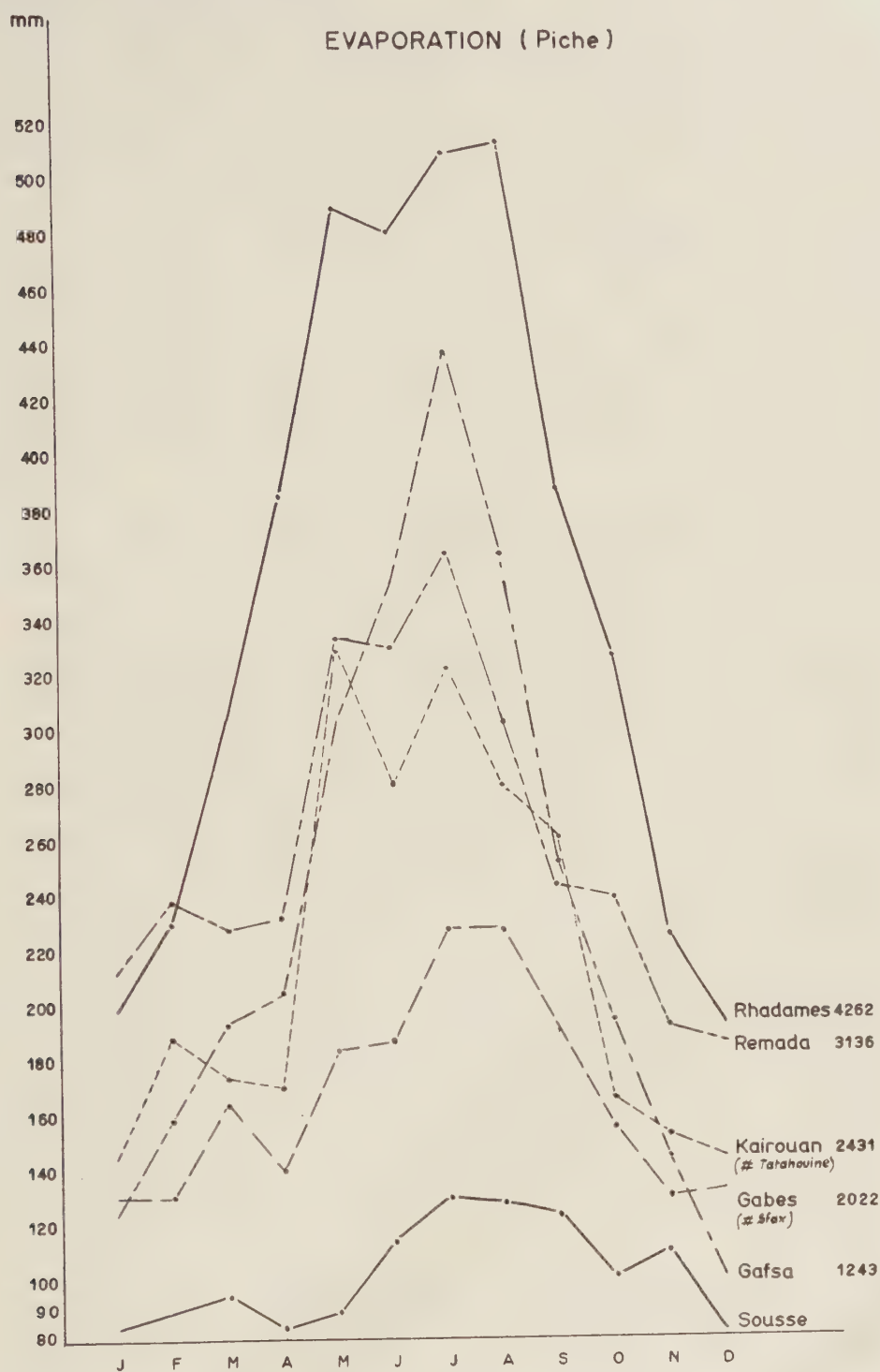


FIGURE 8

TABLEAU VII. — *Evaporation Piche (en mm)*

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Sousse	84	90	96	84	90	117	133	130	126	102	111	81	1243
Tunis (Manoubia)	99	106	127	135	183	228	251	250	210	139	120	93	1942
Gabès	133	132	167	141	186	189	229	229	192	158	132	133	2022
Sfax	143	129	146	153	186	201	229	232	192	158	144	143	2055
Kasserine	105	132	146	144	201	225	322	288	204	158	120	84	2129
Kairouan	149	190	177	174	232	282	326	282	262	167	156	146	2645
Metlaoui	99	134	183	186	260	288	239	307	234	186	135	90	2431
Gafsa	127	162	195	207	307	351	440	366	258	195	147	102	2858
Remada	214	241	229	234	338	333	369	307	246	242	195	189	3136
Rhadamès	201	232	307	387	493	383	511	515	390	319	228	195	4262

325. — EVAPOTRANSPIRATION PONTENTIELLE (11)

TABLEAU VIII. — *Evapotranspiration potentielle*

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Σ
Sousse	21	24	38	46	83	122	157	154	125	83	46	24	933
Sfax	22	25	40	58	89	127	155	154	125	90	46	31	962
Gabès	18	23	44	65	98	132	167	167	129	86	45	22	996
Matmata	16	20	34	58	94	149	186	176	132	81	40	18	1004
El Djem	16	21	37	60	94	146	185	176	130	85	40	18	1008
Ben Gardane	16	21	41	69	105	143	173	166	136	92	44	20	1026
Djerba	21	26	44	68	96	132	175	168	136	97	51	28	1042
Gafsa	12	17	37	63	114	162	195	184	133	79	32	14	1042
Tatahouine	15	20	41	69	111	160	190	179	144	91	42	19	1085
Medenine	18	22	41	70	111	160	190	179	145	93	46	21	1096
Metlaoui	12	18	38	69	122	176	205	194	144	83	36	14	1111
Remada	14	25	43	65	131	171	192	187	144	87	43	17	1119
Kebili	9	16	40	77	128	184	211	201	159	89	33	11	1158
Tozeur'	11	17	38	73	136	187	214	201	157	87	35	15	1171
Rhadamès	10	19	48	92	159	196	205	196	156	98	37	12	1229

(11) Indice de Thornthwaite : $e = 1,645 \frac{(10t)^a}{I}$.

$t = t^\circ$ moyenne mensuelle : $a = 675 \cdot 10^{-9} - 771 \cdot 10^{-7} + 1792 \cdot 10^{-6} + 49239 \cdot 10^{-5}$

$I = \Sigma$ de i mensuelles : $i = \left(\frac{5}{t} \right)^{1,514}$

TABLEAU IX. — Bilan Hydrique

Stations	F	K	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Σ
Sousse	+22	+10	- 8	-34	- 65	-116	-156	-149	- 75	-43	- 9	+14	- 606
Kairouan	+11	+ 6	+ 1	-32	- 70	-137	-181	-168	- 95	-51	-10	+ 7	- 719
El Djem	+19	+ 7	- 7	-42	- 78	-136	-184	-171	-100	-53	- 4	+ 8	- 741
Matmata	+22	+12	+ 6	-50	- 88	-141	-184	-167	-113	-62	- 1	+ 9	- 757
Sfax	+ 3	- 7	-14	-45	- 79	-125	-154	-152	-103	-62	-15	-15	- 768
Gabès	+ 4	- 6	-23	-55	- 89	-131	-166	-165	-115	-56	-11	- 7	- 820
Djerba	+ 7	- 7	-22	-57	- 88	-131	-175	-167	-123	-63	- 8	- 1	- 835
Ben Gardane	+19	+ 1	-18	-58	-100	-143	-173	-165	-125	-73	-13	+ 2	- 846
Gafsa	+ 5	- 4	-15	-47	-104	-154	-193	-180	-119	-65	-14	0	- 890
Medenine	+ 2	- 4	-16	-60	-104	-159	-190	-178	-137	-77	-26	- 6	- 955
Tatahouine	+ 7	- 7	-15	-59	-104	-162	-191	-177	-136	-81	-26	- 6	- 957
Metlaoui	+ 3	- 7	-22	-55	-121	-171	-204	-187	-130	-70	-19	- 1	- 984
Remada	+0,6	-18	-34	-53	-128	-170	-192	-185	-142	-82	-36	-12	-1049
Kebili	+ 1	- 8	-24	-68	-123	-183	-211	-201	-155	-81	-18	- 1	-1070
Tozeur	- 1	- 9	-25	-63	-131	-184	-214	-199	-150	-78	-23	- 5	-1082
Rhadamès	- 3	-11	-44	-83	-158	-196	-205	-195	-196	-96	-33	-12	-1184

EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE

DEFICIT EN EAU

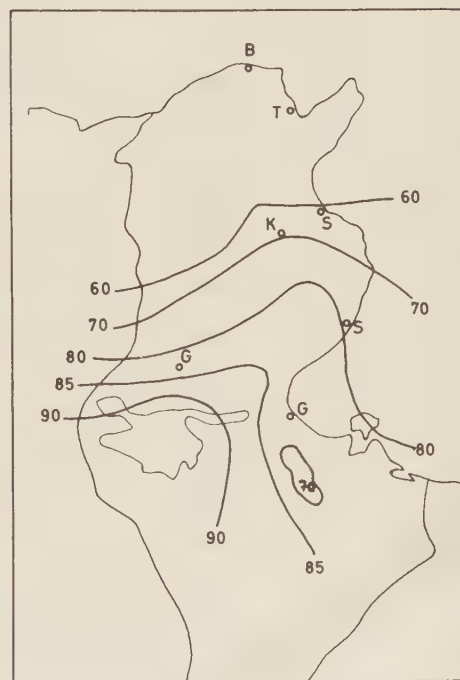
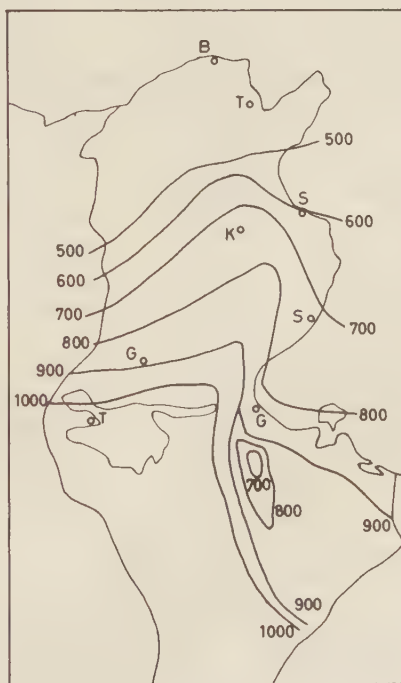
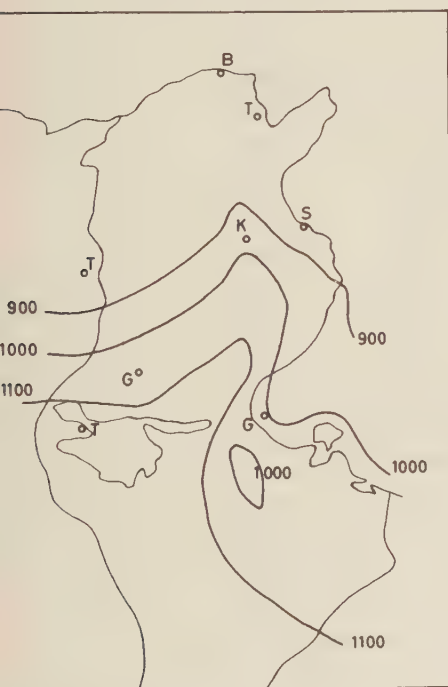
INDICE D'ARIDITE ($\frac{P-e}{e}$)

FIGURE 10

BILAN HYDRIQUE

----- EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE
 ———— PRECIPITATIONS

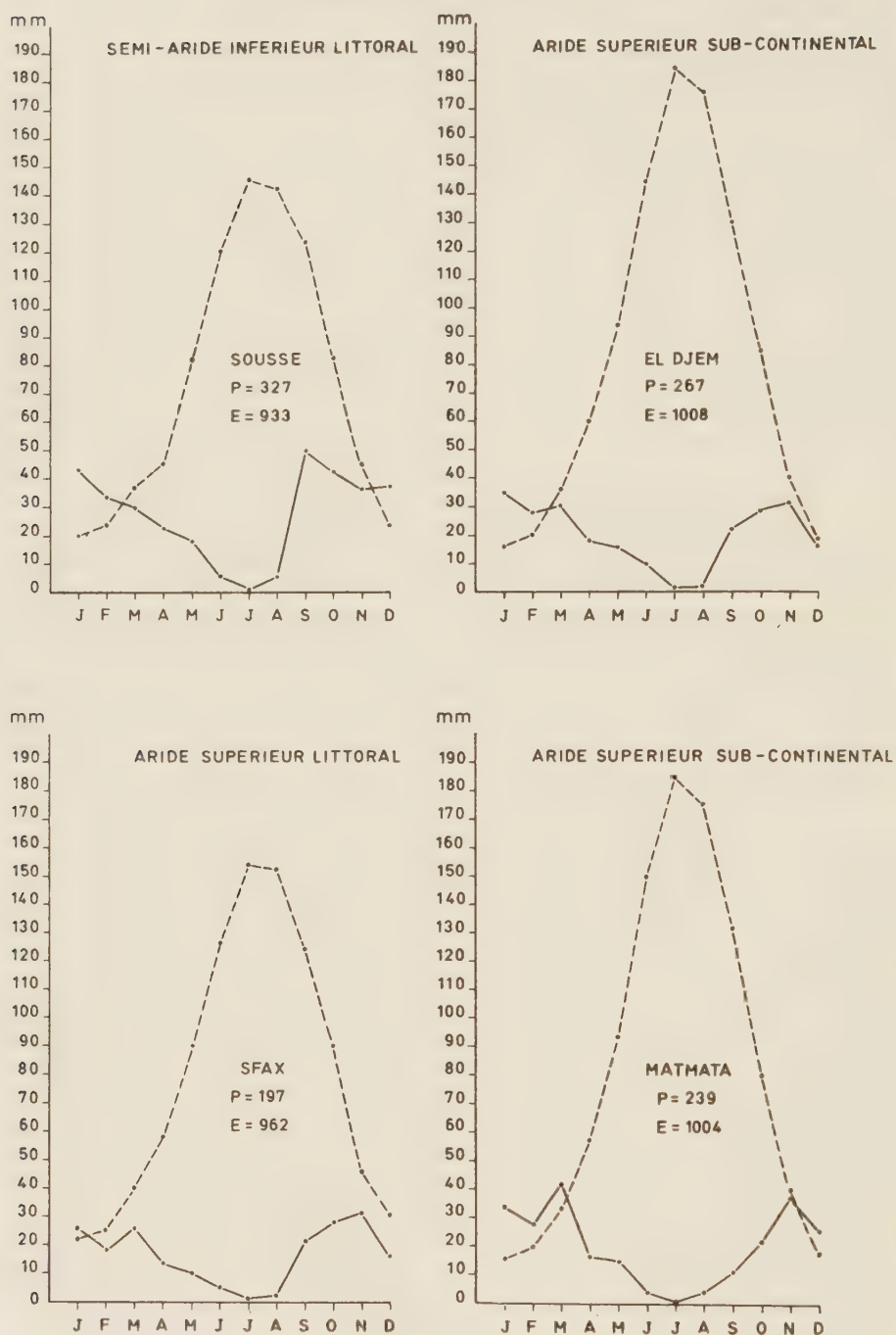


FIGURE 13

BILAN HYDRIQUE

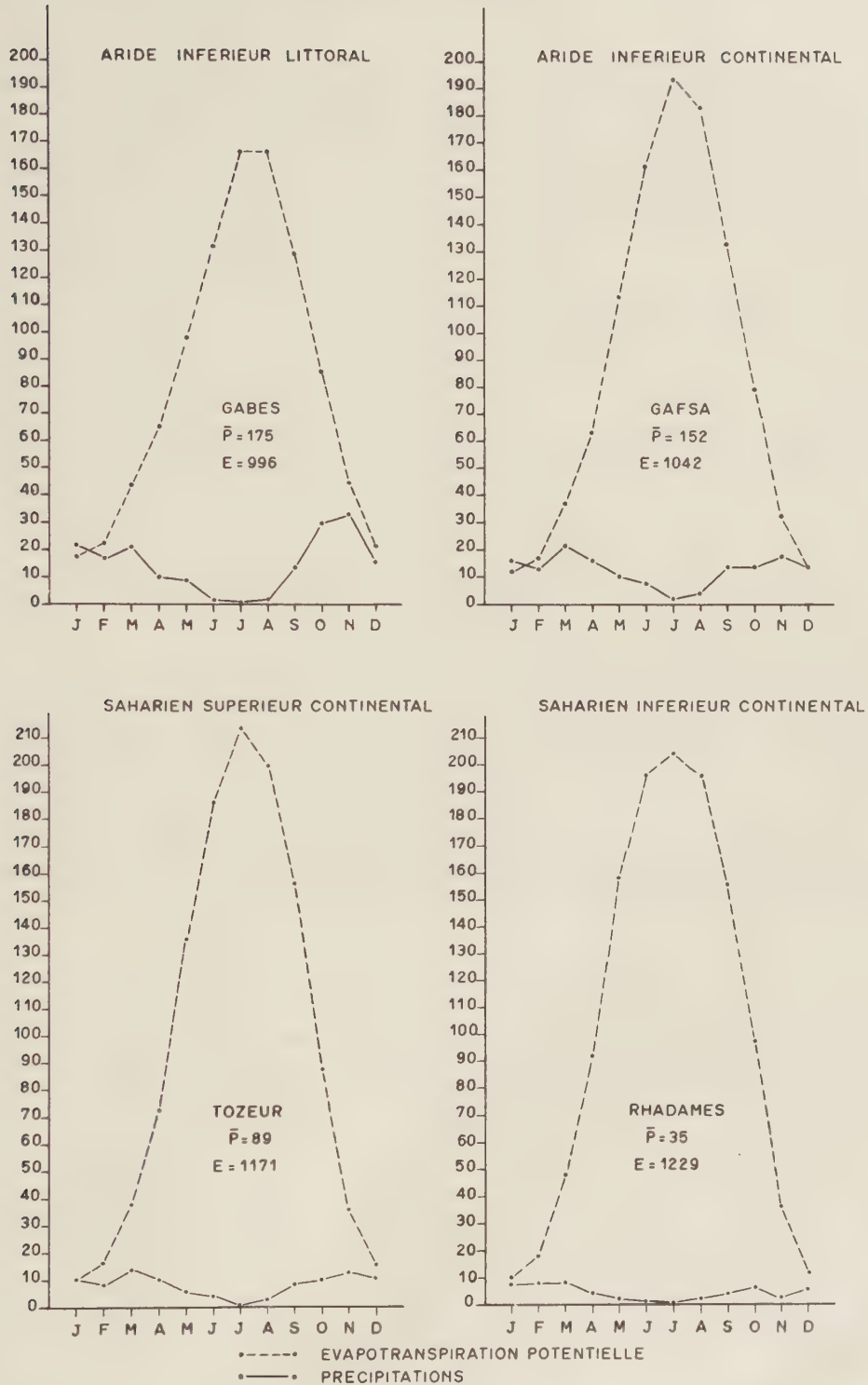


FIGURE 14

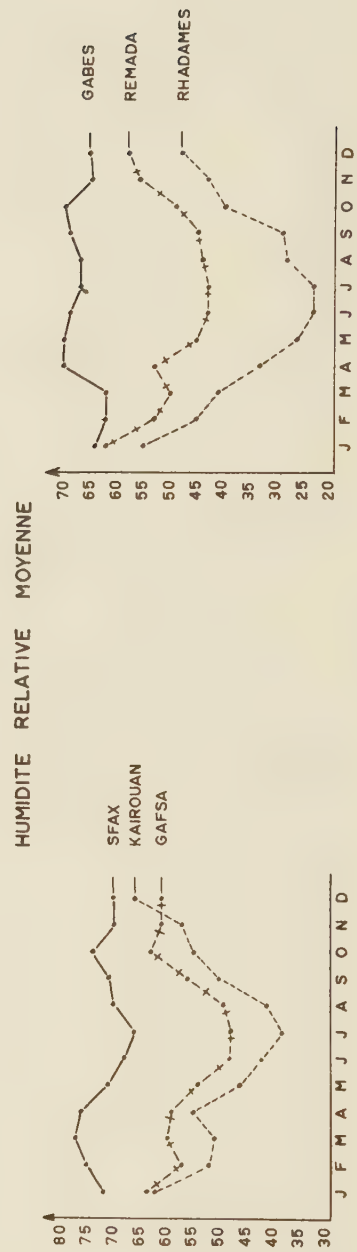
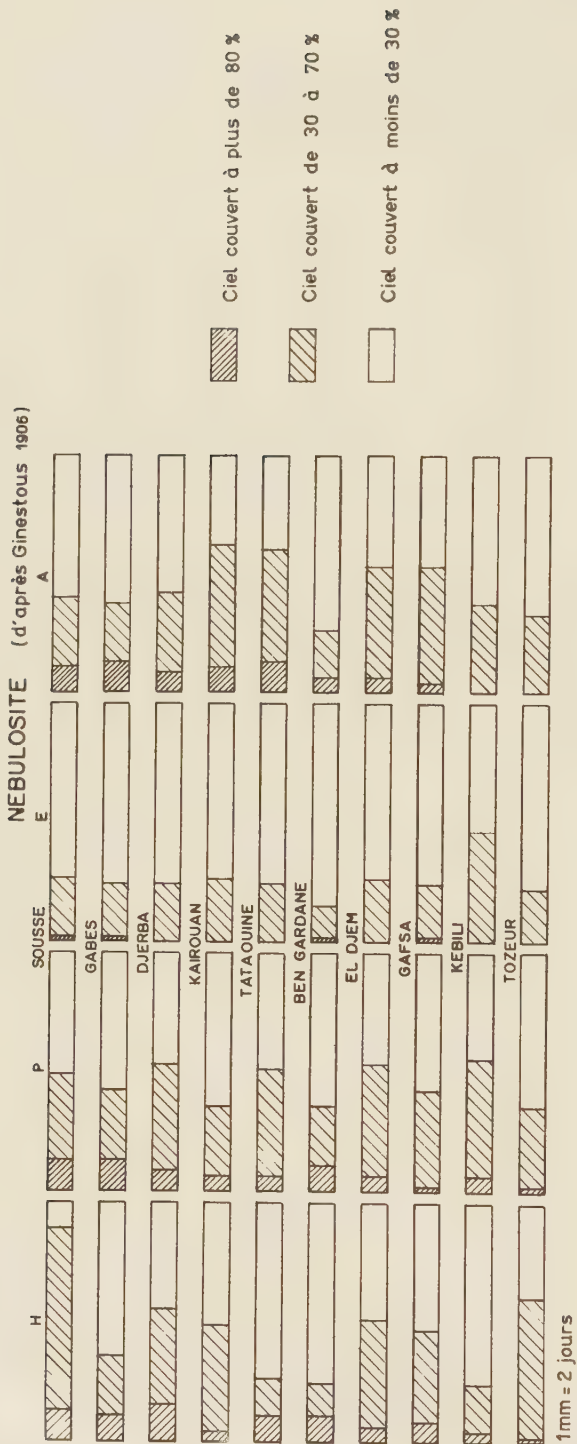


FIGURE 11

326. — LA RADIATION SOLAIRE, L'INSOLATION, LA NEBULOSITE (fig. 11)

L'intensité maxima moyenne du rayonnement solaire varie de 1,60 Cal-gr/cm²-minute à 1,40 (c'est-à-dire 82 à 72 % de la constante solaire) dans la région saharienne (GORCZYNSKI, 1931). Cette intensité est assez peu différente plus au Nord puisque les variations enregistrées à Tunis se situent entre 1,33 et 1,48 Cal-gr par cm² et par minute sur une période de 3 ans. Les intensités les plus fortes s'observent généralement en avril-mai, tandis que les minima se situent entre novembre et février. Les maxima journaliers se situent à 12 h et sont donc décalés par rapport aux températures.

Il existe peu de mesures de l'insolation, celle-ci est d'ailleurs peu variable à l'intérieur de la région qui nous occupe. A Kairouan l'insolation moyenne mensuelle varie de 200 heures en décembre à 383 heures en juillet. Soit 3 200 heures par an.

Le nombre moyen de jours à ciel couvert (plus de 80 %) varie de 3 à (Tozeur) à 36 (Sousse). Il est à remarquer que dans les stations sahariennes, il n'y a pas de jour à nébulosité totale en automne; ce fait implique de bonnes conditions de maturation des dattes de qualité (cf. graphique).

327. — LES VENTS

Les régions du Centre et du Sud sont assez ventées, puisque la fréquence du calme y varie entre 15 et 30 % des observations. La direction des vents est fortement influencée par la topographie locale. Les vents dominants sont de secteur Est sur la côte (Gabès, Medenine, Djerba, Sfax, etc...) et de secteur Sud-Ouest et Nord-Est à l'intérieur (Gafsa, Tozeur, Kebili, Tatahouine, etc...), 70 % des vents ont une vitesse inférieure à 10 mètres seconde. Les vents chauds soufflent de 25 à 75 jours par an.

Le sirocco se fait sentir en toutes saisons (Tableau X). Les chiffres sont délicats à interpréter, car il y a à la base une partie subjective due à l'appréciation personnelle des observateurs.

TABLEAU X. — Nombre moyen de jours de Sirocco

Stations	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Année
Djerba	6	3	7	9	25
Sousse	7	4	6	11	28
Gabès	8	5	9	6	28
Kebili	5	3	11	11	30
Kairouan	5	3	5	18	31
Ben Gardane	7	5	11	12	35
Tatahouine	8	5	11	13	37
Gafsa	4	3	7	24	38
Sfax	11	6	9	12	38
Medenine	13	6	15	21	54
Metlaoui	9	4	15	28	56
Tozeur	15	6	20	34	74

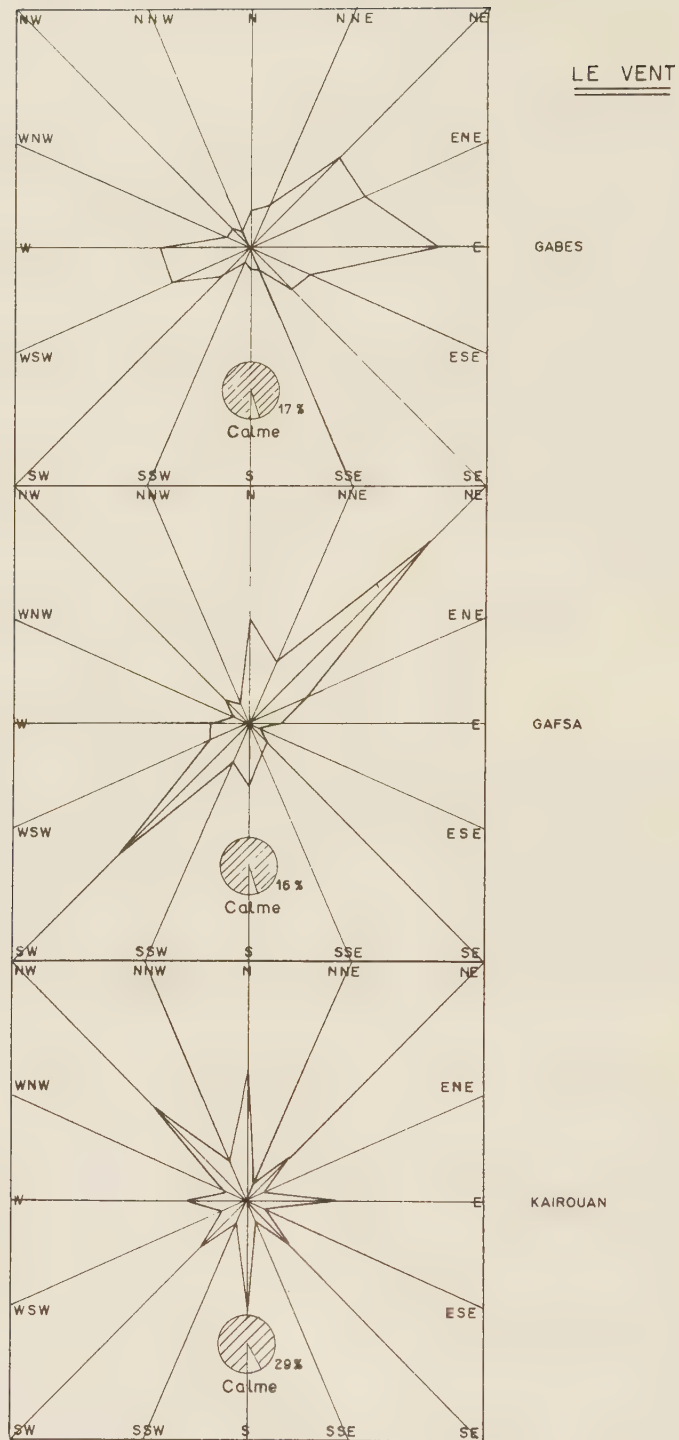


FIGURE 12

328. — PHÉNOMÈNES ACCIDENTELS

Nombre de jours d'orage (1946-1950)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Kairouan	3	3	3	3	13	9	7	14	10	13	1	0	79
Sfax	2	7	4	5	6	7	1	8	9	18	5	3	75
Gabès	4	5	5	11	9	6	3	5	4	25	5	3	85
Remada	0	0	3	4	3	1	0	2	0	4	2	0	19
Gafsa	1	5	6	14	12	13	12	16	7	14	0	1	101
Rhadamès	1	0	0	1	1	0	0	1	0	2	0	0	6

Nombre de jours de brouillard

Kairouan	1	1	4	3	2	4	1	3	2	4	2	4	31
Sfax	2	5	2	3	0	2	0	0	1	1	1	4	21
Gabès	6	1	3	2	0	0	0	0	0	1	1	3	17
Gafsa	5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	11
Remada	5	4	2	3	1	3	3	7	2	2	4	7	43
Rhadamès	4	4	6	0	0	0	0	1	2	3	4	3	27

Nombre de jours de vents violents ($> 16 \text{ m}''$)

Kairouan	9	5	8	4	1	0	0	2	1	3	2	11	46
Sfax	6	5	12	7	12	3	5	1	2	6	11	4	79
Gabès	5	8	6	8	4	1	2	3	1	1	4	8	51
Gafsa	2	12	7	17	4	8	11	7	4	2	6	3	83
Remada	8	4	9	13	6	6	4	2	0	7	7	5	71
Rhadamès	7	5	7	14	17	8	2	1	1	A	1	7	74

329. — ROSÉES ET CONDENSATIONS OCCULTES

Des mesures effectuées à Gabès par la météorologie Nationale à l'aide du roseomètre de DUVDEVANT ont donné une moyenne annuelle de 4 mm entre 1955 et 1958.

Partant de cette donnée et compte tenu de la richesse en vapeur d'eau de l'atmosphère et des possibilités de condensations (cf. tableau XI, XII, XIII) on peut émettre l'hypothèse que l'apport des rosées est de l'ordre de 10 mm à Ben Gardane, 4 mm à Gabès et 3 à Djerba.

Cependant on peut penser que l'apport des condensations nocturnes est plus abondant en particulier dans les sols à forte porosité. En fait, dans la zone saharienne, la végétation la plus dense — et parfois la seule — s'observe au pied des dunes.

TABLEAU XI

Richesse moyenne de l'air en vapeur d'eau (gr/m³)
(d'après GINESTOUS : 1929)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Σ	$\bar{X}$
Ben Gardane	8,1	8,6	9,3	10,6	13,5	15,3	18,7	19,1	20,5	16,5	11,2	8,6	160,0	13,3
Tatahouine	7,2	7,6	8,8	10,7	12,5	14,2	17,4	16,7	17,0	14,0	9,7	7,4	157,7	13,1
Sousse	7,7	7,9	10,2	12,0	12,3	14,2	16,7	17,8	17,0	16,8	12,0	8,1	152,7	12,6
Djerba	7,8	10,8	9,1	10,8	12,6	15,1	16,5	17,1	16,8	14,8	11,0	8,4	158	12,5
Kairouan	7,7	7,8	9,0	10,8	12,6	15,7	18,2	19,1	17,7	14,2	10,2	7,5	155	12,5
Gabès	7,2	8,1	9,4	11,4	12,9	15,2	17,9	18,2	16,5	13,8	9,8	7,8	148,2	12,3
Sfax	7,4	7,5	8,5	9,3	11,7	14,0	15,7	16,4	18,8	13,4	9,7	7,7	137,1	11,4
El Djem	7,1	6,6	8,2	8,7	10,9	13,1	14,1	19,9	15,1	13,5	9,7	7,0	133,9	11,1
Gafsa	5,4	6,3	7,7	10,1	12,5	14,8	18,3	16,1	15,4	11,8	9,4	5,9	133,8	11,1
Metlaoui	5,3	5,2	5,3	6,2	7,8	8,6	9,7	10,1	10,3	8,8	6,6	5,6	89,5	7,4
Fort Saint	4,5	3,1	5,0	5,0	5,6	5,6	6,9	8,4	10,2	9,1	6,3	4,5	74,2	6,1

TABLEAU XII

Possibilités de condensation par refroidissement de l'air
(Quantité vapeur saturante à la température
minima - richesse moyenne de l'air en vapeur d'eau exprimées en gr/m³)
(d'après GINESTOUS : 1929)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Σ
Ben Gardane	1,9	1,9	1,5	1,3	1,9	1,4	3,2	3,2	5,2	4,1	2,3	2,0	29,9
Kairouan	1,3	1,0	1,4	2,1	2,0	3,1	2,4	2,4	2,6	2,1	1,3	0,7	22,5
Sousse	0,3	0,2	1,7	7,2	0,5	1,0	0	0,5	0,5	3,9	2,1	0,7	14,0
El Djem	0,3	0,4	0,2	0,2	0	0	0	3,3	0,6	1,2	0,3	0,2	6,8
Tatahouine	0,6	0,5	0,5	0,8	0,5	0	0	0	0,7	7,4	0,5	0,2	5,7
Gafsa	0	0	0,3	0,9	0,7	0	0,3	0	0,6	0,3	1,1	0	4,4
Gabès	0,3	0,8	0,6	1,1	0,1	0	0	0	0	0,7	0,2	0,4	4,2
Sfax	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Djerba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1
Fort Saint	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3
Metlaoui	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLEAU XIII

*Possibilités de condensations
à la température de la surface du sol pendant le rayonnement nocturne
(d'après GINESTOUS : 1929)*

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Σ
Ben Gardane	3,4	3,5	3,3	2,4	4,8	4,4	6,5	6,6	8,4	6,9	4,3	3,6	58,1
Kairouan	2,5	2,2	2,8	3,6	3,8	4,4	5,1	5,2	5,1	4,1	2,8	1,9	43,5
Gafsa	1,3	1,7	2,4	3,5	3,3	3,7	5,0	3,3	4,5	3,5	3,4	1,6	37,2
Gabès	1,9	2,5	2,6	3,4	2,9	3,1	3,4	3,7	3,2	3,5	2,4	2,2	34,8
Tatahouine	2,2	2,1	2,4	3,0	3,2	2,3	3,7	2,9	4,2	4,2	2,6	1,9	34,7
El Djem	2,6	1,9	2,0	1,9	2,1	2,2	1,7	7,6	3,8	3,9	2,4	1,8	33,9
Sousse	1,2	1,1	2,7	3,4	1,8	2,5	1,1	2,5	2,4	5,1	3,2	1,2	28,2
Djerba	1,6	4,2	1,4	2,0	2,4	2,4	2,0	1,9	2,7	2,6	2,5	1,5	27,2
Sfax	1,9	1,7	1,7	1,9	1,6	1,8	1,0	1,8	1,9	2,1	0,1	1,7	19,2
Fort Saint	1,7	0,1	0,9	0	0	0	0	0	0,3	2,0	1,5	2,5	9
Metlaoui	1,3	0,8	0	0	0	0	0	0		0,4	0,8	1,3	4,2
Biskra	1,8	1,8	1,0	1,6	2,1	5,4	5,6	5,0	5,3	5,9	3,6	2,3	40,3

33. — ESSAI DE REPRÉSENTATION SYNTHETIQUE DES CLIMATS

331. — EXAMEN DES METHODES

De nombreuses méthodes ont été proposées pour tenter de définir les climats de façon simple et synthétique, dans le but de pouvoir les comparer. Ces méthodes reposent sur le calcul d'indices climatiques qui font intervenir à des degrés divers les trois principales composantes du climat : les précipitations, l'évaporation et la température.

Nous examinerons les principaux indices qui ont été proposés pour les climats méditerranéens et désertiques. Ces indices ont généralement trait à l'aridité, facteur essentiel du climat, et peuvent se répartir en trois groupes : les indices de la forme $\frac{P}{T}$ (DE MARTONNE, BAGNOULS et GAUSSEN, EMBERGER, BIROT, etc...);

ceux de la forme $\frac{P}{E}$ (TRANSEAU, DUBIEF, CAPOT-REY, THORNTHWAITE, etc...);

enfin ceux de la forme $\frac{P}{D_s}$ (MAYER, SZYIEMKIEWICZ).

Ces différentes formules permettent des classifications plus ou moins valables des climats suivant les indices et les climats considérés. Ils présentent tous des avantages et des inconvénients.

Les indices de la forme $\frac{P}{T}$, bien que permettant des classifications satisfaisantes, présentent un vice de forme qui consiste à introduire dans le calcul des valeurs de nature essentiellement différente. De plus, les divisions obtenues sont arbitraires, par exemple, lorsque l'on admet qu'un mois est sec lorsque $P \leq 2T$. Ces indices ont l'avantage d'être simples et de pouvoir se calculer pour un grand nombre de stations.

Les indices de la forme $\frac{P}{D_s}$ sont peut être plus précis, mais d'utilisation plus restreinte puisque l'établissement du déficit de saturation nécessite la connaissance des valeurs de la t° du thermomètre mouillé et de l'humidité relative et que des données font défaut pour beaucoup de stations. Les indices de cette nature présentent le même vice formel que les précédents.

Les indices de la forme $\frac{P}{E}$ ont l'avantage de faire intervenir dans le calcul des valeurs de même nature. Cependant leur emploi est limité par la rareté des données concernant l'évaporation; d'autre part, leur valeur est plus ou moins illusoire parce que les appareils de mesure de l'évaporation (en particulier l'appareil de Piche) fournissent des données discutables.

Pour pallier ces inconvénients certains auteurs ont induit de l'expérience des coefficients empiriques qui permettent de calculer l'évaporation. Telles sont la formule de PENMAN et l'évapotranspiration potentielle de THORNTHWAITE.

La formule de PENMAN est certainement la meilleure approche scientifique actuelle pour le calcul de l'évaporation; elle présente l'inconvénient de ne pouvoir s'établir en l'absence de renseignements, tels que la vitesse moyenne du vent, l'insolation, l'albédo de la surface, la pression barométrique et la tension de vapeur, qui font trop souvent défaut.

L'évapotranspiration potentielle, par contre, s'établit assez facilement à partir de données simples (températures, latitude).

L'évapotranspiration potentielle représente « la quantité d'eau nécessaire pour que la végétation *quelle qu'elle soit* n'ait jamais à souffrir du manque d'eau et que le sol conserve en permanence une humidité suffisante ». Si cette définition satisfait le climatologue elle ne peut suffire à l'écologiste car il est bien évident, pour ce dernier, que si cette quantité d'eau suffisante dépend du climat, elle varie également en fonction :

- a) de la nature du sol (qui joue sur l'importance des réserves en eau);
- b) de la végétation qui s'y développe, qui peut être plus ou moins évaporante.

Cette réserve mise à part, l'indice d'aridité de THORNTHWAITE : $\frac{100 P - e}{e}$ permet une classification des stations en fonction de l'aridité qui ne le cède en rien aux autres méthodes sur lesquelles il a l'avantage de ne pas présenter de vice de forme puisque tous les résultats s'expriment en mm d'eau. *Il permet d'établir un bilan hydrique non arbitraire* et se montre à peu près en accord avec les données de la biogéographie et de l'agronomie.

Cependant, la définition de l'aridité est insuffisante à la connaissance du climat pour l'écologiste, car les températures hivernales jouent également un rôle déterminant dans la

répartition des végétaux. A notre connaissance, seule la méthode d'EMBERGER permet une classification simple, rationnelle et satisfaisante à ce point de vue. EMBERGER porte sur un graphique : en ordonnées les valeurs de l'aridité et en abscisses les valeurs de $\overline{m}$; les stations se répartissent alors par affinités ($\overline{M}$ varie de façon inversement proportionnelle à $\overline{m}$ dans notre région). L'on peut établir les coupures entre les climats par les données de la biogéographie et de l'agronomie.

Deux problèmes se présentent donc :

- 1) la définition de l'aridité et de la saison sèche;
- 2) une classification générale des climats.

332. — L'ARIDITE, LA SAISON SECHE

L'on admet qu'un climat est d'autant plus aride que la saison sèche est plus longue et plus intense. Comment définir la saison sèche ? C'est tout simplement l'ensemble des mois pour lesquels l'évaporation dépasse la somme des précipitations, compte tenu des réserves du sol (TRANSEAU, THORNTHWAITE, etc...).

Il suffit donc de faire le bilan hydrique des diverses stations pour connaître la saison sèche tant en longueur qu'en intensité.

Le tableau n° IX nous montre que cette saison sèche dure :

9 mois à Sousse	avec un déficit en eau de	606 mm
8 — Kairouan	—	719 —
9 — El Djem	—	741 —
8 — Matmata	—	757 —
11 — Sfax	—	768 —
11 — Gabès	—	820 —
11 — Djerba	—	835 —
9 — Ben Gardane	—	846 —
11 — Gafsa	—	890 —
11 — Medenine	—	955 —
11 — Tatahouine	—	957 —
11 — Metlaoui	—	984 —
12 — Remada	—	1049 —
11 — Kebili	—	1070 —
12 — Tozeur	—	1082 —
12 — Rhadamès	—	1184 —

Les stations sont classées par ordre de pluviosité décroissante.

Le tableau n° XIV montre que les diverses classifications en fonction de l'aridité sont en accord à quelques détails près; il y a désaccord sur Sfax - Djerba et Ben Gardane - Gabès, ces stations sont d'aridité très voisines deux à deux; il est difficile de dire qui a raison. A quelques détails près les diverses classifications sont les mêmes que la classification en fonction de la pluviosité. Ces faits s'expliquent par les faibles différences thermiques entre les stations. *C'est en définitive P qui détermine l'aridité.*

TABLEAU XIV. — Indices d'aridité

Stations	P	Q	X	$\frac{P}{T}$	$\frac{P-e}{e}$	$\frac{10 P}{D s}$	$\frac{P}{E J}$
Sousse	327	45,6	-	17,6	64,9	61,7	96,1
Kairouan	286	29,2	137	14,9	72,5	22,8	39,7
El Djem	267	28,4	-	13,9	73,5	24,0	-
Matmata	239	27,2	195	12,6	76,3	-	-
Djerba	207	29,0	190	10,3	80,1	26,2	-
Sfax	199	28,0	-	10,4	79,5	25,4	35,1
Ben Gardane	186	19,2	230	9,3	82,4	-	-
Gabès	175	22,2	266	9,0	82,4	17,5	31,8
Gafsa	152	15,0	298	7,8	85,3	10,1	19,4
Medenine	141	15,6	-	6,8	87,1	-	-
Metlaoui	137	14,4	307	6,4	87,7	-	20,7
Tatahouine	128	13,0	-	6,3	88,2	10,4	-
Kebili	89	7,6	-	4,2	92,3	-	-
Tozeur	89	8,4	336	4,1	92,5	5,9	-
Remada	70	7,0	-	3,3	93,7	4,0	8,4
Rhadamès	45	4,0	-	2,0	96,3	1,8	3,8

P = pluviosité moyenne annuelle

Q = indice d'EMBERGER (12)

X = indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

$\frac{P}{T}$ = indice d'aridité de DE MARTONNE

$\frac{P-e}{e}$ = indice d'aridité de THORNTHWAITE

$\frac{10 P}{D s}$ = Pluviosité/déficit de saturation

$\frac{P}{E J}$ = indice de DUBIEF

Les chiffres indiquant le déficit en eau sont confirmés par l'expérience. En effet, la pratique montre qu'il faut un appoint d'eau de 600 à 700 mm (6 000 à 7 000 m³/ha) pour réussir les cultures irriguées à Sousse; qu'il en faut 800 à 900 à Gabès et 1 000 à 2 000 dans les oasis sahariennes.

Il est bien évident que cette quantité d'eau varie avec le type de culture; il ne peut s'agir ici que d'un ordre de grandeur. Ces chiffres cadrent assez bien avec les besoins théoriques en eau calculés par la méthode de THORNTHWAITE. Excepté pour la région saharienne où les chiffres de THORNTHWAITE sont nettement trop faibles.

L'évaporomètre de PICHE donne des chiffres doubles et, comme il fallait s'y attendre, en net désaccord avec l'expérience. L'évaporation au Piche donne 4 200 mm à Rhadamès alors que les cultures irriguées de l'oasis se contentent de 2 000 à 2 500 mm malgré des pertes importantes dues à la mauvaise utilisation de l'eau.

(12) Les variations thermiques entre les stations étant faibles, on peut comparer l'indice d'EMBERGER aux autres. Normalement Q ne peut s'interpréter sans *m*.

TABLEAU XV

Zones climatiques	Indices d'aridité ⁽¹⁾					
	EMBERGER	GAUSSEN	DE MARTONNE	THORNTHWAITE	DUBIEF	Pluviosité
Semi-aride inférieur	$35 < Q < 50$	$120 < x < 140$	$15 < \frac{P}{T} < ?$	$60 < Ia < 70$	$40 < \frac{P}{E_j} < ?$	300-400
(supérieur	$25 < Q < 35$	$140 < x < 200$	$10 < \frac{P}{T} < 15$	$70 < Ia < 80$	$35 < \frac{P}{E_j} < 40$	200-300
Aride (inférieur	$10 < Q < 25$	$200 < x < 300$	$5 < \frac{P}{T} < 10$	$80 < Ia < 90$	$15 < \frac{P}{E_j} < 35$	100-200
(supérieur	$5 < Q < 10$	$300 < x$	$3 < \frac{P}{T} < 5$	$90 < Ia < 95$	$5 < \frac{P}{E_j} < 15$	50-100
Saharien (inférieur	$Q < 5$		$0 < \frac{P}{T} < 3$	$95 < Ia$	$\frac{P}{E_j} < 5$	20-50

333. — CLASSIFICATION DES CLIMATS

333-1. — Types de climats

L'ensemble des indices d'aridité examinés nous permettent, à l'aide de données de la phytogéographie, de distinguer ici cinq zones climatiques. Les coupures ne sont pas établies au hasard mais correspondent à des limites de végétations, à des caractéristiques agronomiques, pédologiques et mêmes géomorphologiques sur lesquelles nous reviendrons en détail.

Tous ces climats font partie de la gamme des climats méditerranéens y compris le climat saharien inférieur ou n'existent pas de pluies d'été. Le climat saharien proprement dit ne se rencontre qu'au sahara central où se font sentir à la fois les influences tropicales et méditerranéennes et où les pluies peuvent donc survenir en toute saison mais rester absentes pendant plus d'une année. Ce n'est pas le cas ici, car à Rhadamès il pleut tous les ans et jamais en été.

333-2. — Variantes climatiques

Si nous portons sur un graphique : en ordonnées les indices d'aridité et en abscisse les valeurs de $\overline{m}$ pour chaque station, nous obtenons le graphique d'EMBERGER pour les climats méditerranéens. En fonction de $\overline{m}$ nous distinguerons 5 variantes par type de climat.

$\overline{m} > 7 =$ variante littorale à hivers chauds; les gelées hivernales ne sont pas à craindre et certaines cultures tropicales sont possibles à l'irrigation, par exemple à Djerba.

$5 < \overline{m} < 7 =$ variante sub-littorale à hivers doux (ou littorale). Les gelées sont rares : 1 à 5 jours par an. Donc la culture des primeurs peut être rémunératrice et les arbres fruitiers de variétés précoces.

$3 < \overline{m} < 5 =$ variante sub-continentale à hivers tempérés. Les gelées sont régulières et interviennent de 5 à 15 jours par an. Les cultures de primeurs deviennent aléatoires, les

TABLEAU XVI. — Quotient pluviothermique d'Emberger et bioclimats

2 000 P

$$Q = \frac{2000P}{\overline{M_2} - \overline{m_2}}$$

TO = 273 C° dans la formule

(D'après les données fournies par la Météorologie nationale : 1952 — moyennes 1900-1950)

Stations	Pmm	M	m	Q		
Ain Draham	1534	31,3	3,9	193,6	Bio-Climat méditer. perhumide	
El Feidjà Tabarka	1155 1029	29,5 31,4	3,5 7,2	153,4 139,6	Bio-Climat méditer. humide	
Bizerte Béjà Thibar	625 626 612	31,1 35,6 35,4	7,6 5,2 5,7	90,8 70,0 70,0	Bio-Climat médit. sub-humide	
Zaghouan Soliman Kélibia Téboursouk Grombalia Tunis Aouina Le Kef Maktar Tunis Manoubia Thala Zaouem Medjez el Bab Souk El Arba	496 458 434 523 475 415 509 490 420 473 376 408 449	32,6 31,1 32,3 33,4 32,9 31,7 33,6 32,2 32,6 34,4 37,8 34,9 37,4	6,7 5,7 8,2 4,9 5,5 7,3 3,1 1,7 6,4 1,8 3,8 5,0 3,8	65,4 61,8 61,4 62,8 59,2 58,0 57,2 55,4 54,8 49,8 47,6 46,4 45,4	semi-aride supérieur	Bio-Climat méditerranéen semi-aride
Enfidaville ⁽¹⁾ Bou Fichta Sousse	371 344 327	32 32 31,4	6 6 6,9	49 45 45,6	semi-aride inférieur	
Kasserine Sidi Saad Kairouan Djerba El Djem Sfax Sbeitla Matmata Sidi Bouzid Feriana	320 285 286 207 267 197 282 239 247 230	34,5 37,0 37,7 32,6 36,7 30,8 36,0 35,2 36,0 36,0	2,2 7,0 4,5 8,3 4,9 6,8 1,7 5,4 5,4 2,5	34,0 32,2 29,2 29,0 28,4 28,0 28,0 27,2 30,0 23,4	aride supérieur	Bio-Climat méditerranéen aride
Gabès Ben Gardane Medenine Gafsa Metlaoui Tatahouine	175 181 141 152 137 128	32,7 35,9 36,8 38,1 37,7 37,9	5,9 3,9 6,2 3,9 5,5 4,8	22,2 19,2 15,6 15,0 14,0 13,0	aride inférieur	
Tozeur Kébili Remada	89 89 70	40,4 42,2 38,7	5,3 3,1 5,7	8,4 7,6 7,2	saharien supérieur	Bio-Climat méditerranéen saharien
Rhadamès Sebah	35 8	41 38,5	3,4 5,2	3,3 0,8	saharien inférieur	

(1) Pour Enfidaville il y a désaccord entre les données de la phytogéographie, de l'écologie et de l'agronomie d'une part et de la climatologie, d'autre part; les observations météorologiques ayant été faites sur une série d'années relativement courte nous préférons donc placer cette station dans le bioclimat semi-aride interieur bien que l'indice d'EMBERGER, s'il était considéré seul, la situerait dans le sous-climat supérieur.

CLIMATOGRAMME

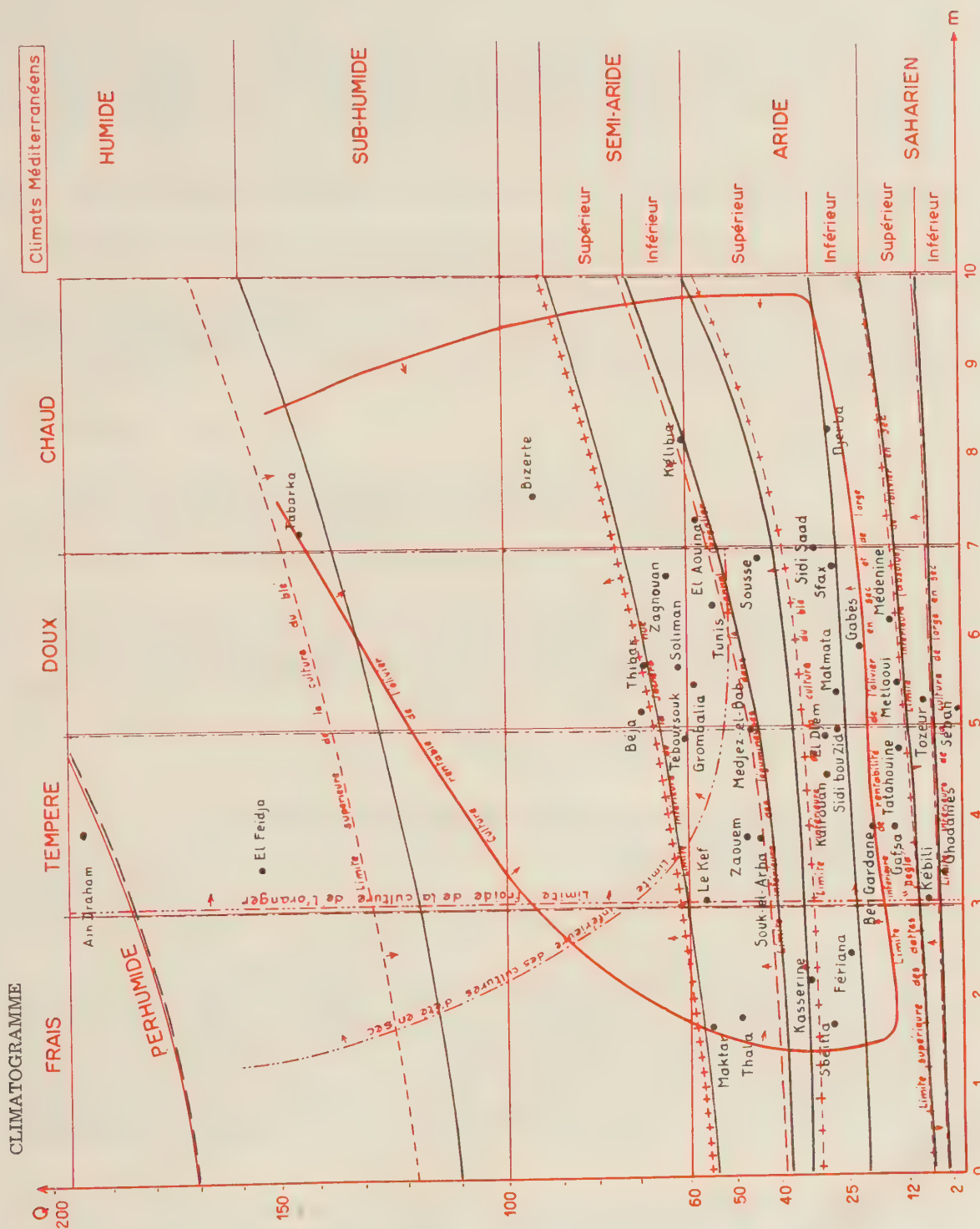


FIGURE 16

variétés fruitières doivent être de précocité moyenne par rapport aux variantes chaude et froide du même climat.

$0 < \overline{m} < 3$ = variante continentale à hivers frais. Il gèle 15 à 30 jours par an, les cultures de primeurs sont à déconseiller et les variétés fruitières doivent être plus tardives que dans les variantes tempérées ou chaudes. La culture irriguée de l'oranger n'est plus possible.

$\overline{m} < 0$ = variante altitudinale à hivers froids. Il gèle plus d'un mois par an. Les cultures fruitières doivent être très tardives par rapport aux variantes douce et fraîche du même climat.

Les coupures entre les variantes sont établies à l'aide de critères suivants : répartition des espèces végétales, phénologie, distribution des groupements végétaux.

Notons seulement que le Jujubier (*Ziziphus Lotus*) est exclu des variantes froides et fraîches; que *Solanum sodamaeum* est lié aux variantes douce et chaude; que *Astragalus armatus* ssp. *numidicus* se cantonne dans les variantes fraîches, etc...

34. — BIOGÉOGRAPHIE — BIOCLIMATOLOGIE

Les coupures climatiques sont déterminées par ce qu'EMBERGER a appelé des étages de végétation. A ces étages de végétation correspondent des caractères agronomiques, pédologiques et même morphologiques, puisque l'influence du climat est déterminante sur la composition de la végétation, la nature et les types de sols zonaux et les formes du modelé. Chaque étage se divise en sous-étage et en variantes.

341. — ETAGE DE VEGETATION SEMI-ARIDE (13)

341-1. — Sous-étage inférieur (climat semi-aride inférieur)

Cette unité phytogéographique correspond, en Tunisie, aux limites inférieures des climax à *Callitris articulata* (variante à hivers doux), à *Oleo-Lentiscetum* (variantes à hivers doux et tempérés) et à *Pinus halepensis* (variantes à hivers tempérés et frais); du point de vue agronomique, la limite des climats semi-aride inférieur et supérieur correspond à la limite inférieure de culture des légumineuses dans le biennal céréalière. La limite des climats semi-aride inférieur et aride supérieur coïncide avec la limite absolue de la culture du blé en sec (14).

(13) On trouvera dans la deuxième partie de ce travail, consacrée à la flore, la définition précise des étages de végétation à l'aide des caractères de répartition des espèces.

(14) Le calque d'utilisation agronomique du climatogramme est partiellement inspiré de Ph. AURIAU (1957).

Du point de vue pédologique le climat semi-aride supérieur marque la limite xérique absolue des sols rouges méditerranéens; c'est le domaine des sols bruns subarides.

Du point de vue géomorphologique l'étage semi-aride se distingue de l'étage aride par la prédominance de l'érosion linéaire et du ravinement (Gulley érosion) sur l'érosion en nappe (Scheet érosion) ou en rigoles si importantes dans le sous-étage supérieur.

Phytosociologiquement les caractéristiques sont les suivantes :

— *variante à hivers frais :*

Association à *Pinus halepensis* et *Juniperus phoenicea* (LONG).

— *variante à hivers tempérés :*

Diverses associations de la dorsale (hors de notre dition; Cf. les travaux de A. SCHÆNENBERGER).

— *variante à hivers doux :*

Association à *Vulpia incrassata* (BUROLLET).

Association à *Stipa tortilis* (BUROLLET).

Association à *Thymus capitatus* et *Rosmarinus reptans* (BUROLLET).

Les variantes à climat froid et chaud ne sont pas représentées en Tunisie.

342. — ETAGE DE VEGETATION MEDITERRANEEN ARIDE

342-1. — Sous-étage supérieur

En Tunisie centrale et méridionale, cette unité phytogéographique est caractérisée par un climax à *Juniperus phoenicea*. Du point de vue agronomique la limite inférieure de ce sous-étage marque aussi la limite inférieure de la rentabilité de l'oléiculture en sec et de la culture de l'orge. La limite supérieure de ce sous-étage coïncide avec la limite de la culture du blé en sec ainsi que nous l'avons vu précédemment.

Du point de vue pédologique, le sol zonal est du type sol brun-aride mais moins riche en matière organique que ne le sont habituellement les sols de ce type (Cf. *infra*).

La morphologie du paysage devient ici nettement aride avec l'apparition des glacis d'érosion de piedmonts, des croûtes quaternaires et une intense érosion par ravinement (gulley-érosion).

Du point de vue de la phytosociologie, ce sous-étage se caractérise par les associations suivantes :

Variante à hivers frais :

Association à *Artemisia campestris* et *Plantago albicans* (LONG).

Variante à hivers tempérés :

Association à *Ziziphus Lotus*, *Artemisia campestris* et *Eragrostis papposa* (LONG).

Association à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris*, variante à *Dianthus crinitus* (LE HOUÉROU).

Variant à hivers doux :

Association à *Artemisia herba-alba* et *Asparagus albus* (LE HOUÉROU).

242-2. — Sous-étage inférieur

Le sous-étage inférieur se caractérise par l'absence d'arbres, donc une formation steppique, mais il est hautement probable que la végétation primitive y a été une steppe arborée à *Juniperus phoenica* et *Stipa tenacissima*, comme l'attestent les quelques touffes d'alfa parsemées çà et là. Du point de vue agronomique, la limite supérieure correspond à la limite de culture rentable de l'olivier et de l'orge en sec. La limite inférieure du sous-étage correspondant à la limite absolue des cultures d'orge et d'olivier avec appoint d'eau.

Du point de vue pédologique le sol zonal est du type sierozem avec des sols bruns subdésertiques dans les terrasses d'oueds et les points bas bien drainés.

La morphologie de ces régions offre des glacis d'érosions généralisés avec de puissantes croûtes calcaires ou gypseuses du Quaternaire.

Les associations liées au sous-étage aride inférieur sont :

Variante à hivers frais :

Association à *Artemisia campestris* et *Thymelaea microphylla* (LE HOUÉROU).

Association à *Anabasis aphylla* et *Suaeda mollis* (LE HOUÉROU).

Variante à hivers tempérés :

Association à *Rhantherium suaaveolens* et *Asphodelus refractus* (LE HOUÉROU).

Association à *Thymalea microphylla* et *Arthropytum Schmidtianum* var. *prostratum* (LE HOUÉROU).

Variante à hivers doux :

Association à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris* (LE HOUÉROU).

Association à *Nitraria retusa* et *Ziziphus lotus* (LE HOUÉROU).

Variante à hivers chauds :

Association à *Imperata cylindrica* et *Ononis angustissima* var. *falcata* (LE HOUÉROU).

343. — ETAGE DE VEGETATION MÉDITERRANÉEN SAHARIEN

343-1. — Sous-étage supérieur

Ce sous-étage se caractérise par un climax steppique. Les arbres ne peuvent exister en dehors des dayas et des lits d'oueds. Les cultures sont impraticables en dehors de l'irrigation; on note très exceptionnellement des cultures d'orge dans les dayas; on ne peut cultiver les dattes de qualité au delà de la limite humide de ce sous-étage.

Du point de vue pédologique il n'existe plus ici de sols évolués, mais des sols bruts d'accumulation ou d'ablation éolienne.

La morphologie du modelé est celui d'une alternance de regs, de dunes et de sebkhas.

Variante à hivers frais :

Association à *Cornulaca monacantha* et *Cyperus conglomeratus* [(GUINOCHET) LE HOUÉROU].

Association à *Euphoria Guyoniana* et *Henephyton deserti* (GUINOCHET), etc.

Variante à hivers tempérés :

Association à *Anthyllis Henoniana* et *Gymnocarpos decander* (LE HOUÉROU).

Association à *Calligonum comosum* et *Anthyllis Henoniana*, etc.

La variante à hivers doux n'existe pas en Tunisie.

343-2. — Sous-étage inférieur

La variante à hivers frais est seule représentée en Tunisie. Du point de vue phytogéographique ce sous-étage peut se caractériser par une végétation contractée le long des dépressions et des oueds et l'absence ou l'extrême rareté des végétaux supérieurs sur les interfluves.

Agronomiquement : limite absolue de toute culture y compris dans les dépressions en l'absence d'irrigation.

Du point de vue morphologie et pédologie un fait nouveau : l'apparition de barkhanes et de regs pulvérulents à Fech-Fech.

Les groupements végétaux les plus typiques sont : l'association à *Salsola Sieberi* var. *zygophylla* et *Traganum nudatum* var. *microphyllum* (LE HOUÉROU); l'association à *Anarrhinum brevifolium* et *Ouedneya africana* ssp. *zygarrhena*.

35. — LES LIMITES DU SAHARA EN TUNISIE

R. CAPOT-REY (1952, 1953) a cherché à définir de façon précise la limite du Sahara. Les anciens auteurs adoptaient comme limite soit l'isohyète de 200 mm, celle de 100 mm, ou encore la limite de culture du palmier.

R. CAPOT-REY, le premier, a vu juste : la limite du Sahara est aussi celle de l'aire d'extension de l'alfa vers le sud.

Si l'on fait une coupe au sud de Tatahouine à la hauteur de Douiret sur un axe est-ouest (perpendiculaire au Djebel) la transition est frappante. A Douiret l'alfa existe partout; 15 km à l'ouest il abandonne les sommets des dômes et les flancs sud; 10 km plus loin les touffes quittant le relief forment une ligne sombre le long des oueds; à 30 km à l'ouest de Douiret l'alfa a disparu. Les dernières touffes d'alfa sur les Dahars atteignent Bordj le Bœuf dont la pluviosité est de 100 mm. Pratiquement, dans le Sud tunisien et en Libye, la limite sèche de l'aire d'extension de l'alfa correspond à l'isohyète de 100 mm.

On remarquera que la limite d'extension de l'alfa n'est pas obligatoirement sa limite actuelle, car la plante a pu être éliminée par d'autres facteurs que le climat, notamment la charrue et la chèvre. En cherchant bien on retrouve l'aire d'extension de la plante car elle n'est jamais totalement détruite, même si elle n'apparaît plus dans le paysage végétal.

La limite de culture du palmier n'est pas la limite du Sahara; sinon on devrait mettre dans la zone saharienne Zarzis, Djerba, Sfax où l'olivier prospère en sec. La limite de culture du palmier est celle de la zone présaharienne (climat méditerranéen aride inférieur). Par contre la limite humide de culture de la datte Degla correspond bien à la limite sèche d'extension de l'alfa; la Degla ne mûrit ni à Gafsa ni à Gabès (15), ni à Zarzis; l'humidité automnale y fait fermenter les fruits. Mais on peut trouver encore quelques touffes d'alfa, témoins de l'ancienne steppe, dans ces régions. Par contre, la Degla mûrit à El Hamma du Djerid, Tozeur, Kebili où l'on chercherait en vain les traces de l'alfa. La limite de l'alfa correspond encore à la limite absolue de culture de l'olivier dans les thalwegs (avec appoint d'eau). C'est aussi à peu près la limite absolue de la culture de l'orge dans les dayas. C'est encore la limite sèche d'un grand nombre de plantes moins spectaculaires que l'alfa (cf. 2^e partie, définition floristique des étages de végétation). Lorsque l'alfa disparaît, les plantes typiquement sahariennes apparaissent; telles :

Oudneya africana

Calligonum comosum

Moltkia ciliata

Anthyllis Henoniana

Centaurea furfuracea

Salsola tetragona

Cornulaca monacantha

Euphorbia Guyoniana

Anabasis articulata var. *articulata*

Savignya longistyla

Stephanochilus omphalodes

(cf. *infra*, 2^e partie, définition floristique de l'étage méditerranéen saharien).

Du point de vue géobotanique, c'est la limite sud de l'arbre (excepté dans les dayas).

(15) L'aspect désertique des régions de Gabès-Gafsa et Metlaoui est dû au sol et non au climat. Ces régions sont stérilisées par l'extension des croûtes gypseuses et des sebkhas : ce sont des « déserts édaphiques ».

Au point de vue pédologique, cela correspond à la limite sèche des sols du type sierozem. Au point de vue géomorphologique, c'est la limite nord des regs et des barkhanes donc de la primauté de l'érosion éolienne sur la fluviatile.

Tous ces critères concordent donc parfaitement pour définir la limite du Sahara qui est en Tunisie l'isohyète de 100 mm.

Ainsi définie, la limite du Sahara passe par : la rive nord du Chott Rharsa, El Hamma du Djerid, Bordj Saidane (entre Kebili et Gabès), longe les Matmatas à l'ouest jusqu'à Dehibat. La partie méridionale de la Djeffara située au sud de Tatahouine, Ksar Morra-Sidi Toui appartient également au Sahara. Les chutes de pluies moyennes varient de 60 à 100 mm dans l'Ouara et la végétation y est identique à celle des dahars :

Calligonum comosum
Stephanochilus Omphalodes
Savignya longistyla
Plantago ciliata, etc.

Anthyllis Henoniana
Centaurea furfuracea
Salsola tetragona

De plus, la Degla mûrit à Remada. Il s'ensuit que la falaise du Djebel, de Douiret à Dehibat, constitue une enclave aride (16) dans le Sahara.

En résumé : notre définition des limites du Sahara en Tunisie correspond bien à celle de CAPOT-REY; mais nos limites, elles-mêmes, sont sensiblement différentes : Metlaoui et Tatahouine ne sont pas sahariens; Bordj le Bœuf, Dehibat et Sidi Toui sont en limite; Remada, Mechehed Salah et Sannied Lebada font partie du Sahara. En un mot, la limite du Sahara est celle des étages de végétations : aride et saharien.

36. — LES DONNÉES DE LA GÉOLOGIE ⁽¹⁷⁾

361. — TECTONIQUE

Les géologues s'accordent à distinguer en Tunisie méridionale deux provinces tectoniques ayant chacune un style propre.

Au nord, le prolongement oriental de l'atlas saharien donne lieu à un style cassant à relief jeune et tourmenté, c'est la région des chaînes bordant les Chotts et la région de Gafsa.

Au sud, les Matmatas, les Dahars et la Djeffara présentent, au contraire, des mouvements calmes à grand rayon de courbure; ce sont les prolongements orientaux de la plateforme saharienne.

(16) Aride au sens biogéographique du terme : c'est-à-dire sub-désertique ou présaharien.

(17) D'après les travaux de Ch. DOMERGUE, G. GASTANY, E. DUMON, A. F. de LAPPARENT, P. LOSSEL, G. CHROBERT, A. ROBAUX, J. FLANDRIN, J. ARCHAMBAULT, E. BERKALOFF, S. SOLIGNAC. Cf. Bibliographie, *in fine*.

361-1. — Province de l'Atlas saharien

Cette province est située au nord des Chotts; son relief est constitué soit de chapelets d'anticlinaux formant chaîne (chaînes de Metlaoui, de l'Orbata-Bou Hedma, chaîne du Fedjej, etc.), soit d'anticlinaux isolés (Djebels Sehib, Berda, Chemsî). Le style de ces anticlinaux est toujours identique, ils sont constitués de plis coffrés, dissymétriques à flancs raides, avec de larges dos plats; ils présentent une tendance générale à se déverser vers le sud. L'Atlas tunisien sud-oriental se caractérise encore par la faible densité des axes anticlinaux donc par la dominance des synclinaux. Ces dépressions synclinales sont constituées par un remplissage continental d'âge miocène, mio-pliocène et quaternaire.

La direction générale des chaînes s'oriente ouest-est et indique l'approche de la plateforme saharienne. En réalité, la direction des plis diffère sensiblement de celle des chaînes. Les plis sont, en effet, orientés WSW à ENE et se succèdent en échelons de telle sorte que la direction générale des chaînes devient sensiblement ouest-est.

Le Chott Fedjej occupe le cœur d'un ancien anticlinal également orienté ouest-est, formé d'un vaste dôme plat donc nettement différent des précédents. Le flanc sud de ce dôme est représenté par la chaîne du Djebel Tebaga situé entre El Hamma de Gabès et Kebili.

Cet ensemble assez homogène souffre une exception : les Djebels Bou Ramli et Ben Younès du nord-ouest de Gafsa. Ces anticlinaux présentent une orientation nord-ouest - sud-est. Cette direction aberrante est liée à la zone de fracture de Gafsa dont les rejets de failles peuvent atteindre plus de 1 000 m et placer le Néocomien au contact du Campanien.

361-2. — Province de la plateforme saharienne

La province saharienne commence au sud des grands Chotts; c'est une dépendance du continent saharien. Par comparaison avec la province précédente, ce continent marque une aire stable. On ne trouve pas ici de plis bien marqués et nettement individualisés comme dans l'Atlas saharien. Les Matmatas, les Dahars et la Djeffara font partie d'un vaste dôme à faibles pendages. Ce dôme se continue au sud-est jusqu'à la grande Syrte; le cœur en est formé par les affleurements triasiques de Kirchaou, Ksar Morra et Sidi Toui.

Cet ensemble présente un accident : la ride permienne du Djebel Tebaga située en bordure des Matmatas entre Médenine et Toujane. Ce monoclinal, accident ante-Bajocien, est fortement redressé et plongeant vers le sud. Le Crétacé et le Jurassique entre Toujane et Mareth sont abaissés en gradins vers le nord-est, par des failles qui semblent liées à la zone de fractures de Gafsa.

L'on peut distinguer 3 zones dans la province saharienne : les Monts de Matmatas qui se continuent en Libye par le Djebel Nefousa, et à l'ouest par les Dahars; la Djeffara; la cuvette du Grand Erg.

Les Matmatas ou monts des troglodytes (formés de couches sub-horizontales) marquent un relèvement des couches de la plateforme saharienne; ce relèvement est plus accentué au nord sur la ligne El Hamma de Gabès-Kebili au contact de l'Atlas saharien représenté à ce niveau par le versant sud du dôme de Fedjej. Cette zone est uniquement constituée de Crétacé; elle se prolonge au sud et au sud-est par les Hamadas : El Hamra et de Tinhert.

La Djeffara ou plaine côtière est située à l'est et au nord-est de la falaise des Matmatas

et du Djebel tripolitain. C'est une vaste cuvette constituée de Jurassique et de Trias dans la partie méridionale tandis que le secteur nord, en bordure de la côte, est formé d'un comblement de Miocène marin.

La cuvette du Grand Erg est due à l'inclinaison progressive vers l'ouest du Crétacé supérieur des Matmatas qui se couvre de dunes et de dépôts lagunaires à *Cardium*.

362. — OROGÉNÈSE

Il y a eu deux grandes périodes orogéniques dans le Sud tunisien; la première située entre le Trias et le Jurassique correspond aux plissements Matmatiens (G. MATHIEU, 1949) qui représentent les derniers soubresauts hercyniens. La seconde période a débuté entre l'Eocène et le Pontien et s'est poursuivie jusqu'au Quaternaire. La Tunisie du sud doit l'essentiel de son modelé à cette période. Il semble qu'on ait quelque peu exagéré l'importance de l'orogénèse quaternaire du Sud tunisien (Gafsa).

363. — STRATIGRAPHIE — LITHOLOGIE

363-1. — Le Permien moyen

affleure en un pli monoclinal au nord-ouest de Médenine (le Djebel Tebaga) sous la forme de schistes, grès et calcaires.

363-2. — Le Trias

363-21. — *Le Trias inférieur* affleure à Médenine et en une mince bande à la base de la falaise des Matmatas entre la latitude de Médenine et celle de Tatahouine ainsi que sur le flanc nord du Djebel Rehach à Kirchaou. Il est constitué de grès rouges durs et de marnes. Puissance : 800 m.

363-22. — *Le Trias moyen* affleure aux Djebels Rehach et Sidi Toui séparant la Djeffara de l'Ouara. Le Trias moyen est représenté par des grès, calcaires et marnes puissants de 100 à 150 m.

363-23. — *Le Trias supérieur et le Lias* sont formés de Gypses massifs qui passent progressivement du Müschel-Kalk supérieur au Keuper, puis au Lias. Les affleurements sont localisés à l'est de Tatahouine entre cette localité et Ksar Morra. Puissance : 200 à 500 m.

363-3. — Le Jurassique

affleure dans la partie est du Djebel depuis la latitude de Médenine jusqu'à Dehibat et au delà en Libye. Il se subdivise en :

Dogger : gypses, calcaires et marnes; 50 m.

Callovien, Oxfordien, Sequanien : marnes grises et calcaires; 120 m.

Kimméridgien : dalle calcaire; 30 à 40 m.

Portlandien : marnes sableuses et calcaires marneux; 20 m.

363-4. — Le Crétacé

Le Crétacé est très largement représenté dans le Sud tunisien.

363-41. — Le Crétacé inférieur (Néocomien, Aptien, Albien) est principalement représenté par du Néocomien sous la forme d'une série continentale Wealdienne. Le Wealdien est formé de marnes bariolées, sables argileux, argiles, grès ferrugineux et conglomérats à bois silicifiés. Le Néocomien atteint 2 000 m de puissance au dôme du Fedjej. Dans la région de Gafsa, le Néocomien présente des faciès néritiques (Bou-Hedma), littoraux et même lagunaires (Orbata, Ben Younès) à grès, marnes, dolomies et gypses d'une puissance d'un millier de mètres.

L'Albo-Aptien est beaucoup moins représenté; il affleure dans le Djebel Tebaga (au sud du Fedjej), la chaîne des Chotts et le Bou-Hedma; sa puissance peut atteindre 350 m.

363-42. — Le Crétacé moyen (Cénomanién, Turonien). Le Cénomanién de faciès néritique à lagunaire est commun dans presque tous les Djebels depuis Gafsa jusqu'à l'extrême-sud. Il affleure sur de très grandes surfaces sous la forme de calcaires plus ou moins dolomitisés et de marnes plus ou moins gypseuses puissantes de 500 m environ. Les calcaires dominent au sommet et à la base, les marnes au milieu.

Le Turonien est représenté par une importante assise de calcaires à rudistes, fortement dolomitisée et contenant des Silex noirs, puissants de 50 m. C'est la dalle Turonienne qui forme le front de la cuesta des Matmatas et qui couronne les buttes-témoins de la Djeffara (Dj. Dissa); il affleure également en une mince bande dans les Djebels Chemsî et Berda .

363-43. — Le Crétacé supérieur (Coniacien-Santonien, Campanien, Maestrichtien, Danien). Le Coniacien-Santonien affleure dans les Matmatas, la région de Gafsa et celle de Tozeur. Il est représenté par des alternances de marnes et de calcaires puissantes de 200 à 400 m.

Le Campanien affleure dans les Matmatas et couvre d'immenses surfaces dans les Dahars. Il est formé de calcaires crayeux blancs à Inocérames avec de rares intercalations de marnes.

Le Maestrichtien affleure en bordure de l'Erg dans le pays des « Gours » (Buttes témoins) sous la forme d'un faciès lagunaire de marnes avec des intercalations de calcaires siliceux à Lumachelles. Le Maestrichtien présente encore d'importants affleurements à l'ouest de Gafsa sous la forme d'un faciès néritique. Puissance : de 30 à 50 m en bordure de l'Erg et 300 à 500 m près de Metlaoui (série complète).

Le Danien est enfoui sous l'Erg mais affleure près de Rhadamès ainsi qu'à l'ouest de Gafsa où il est représenté par des calcaires, marnes et gypses d'une puissance de 10 à 20 m.

363-5. — L'Eocène

est localisé dans l'Atlas saharien de la région de Gafsa.

363-51. — L'Eocène inférieur (Montien-Thanézien) lagunaire est ici caractérisé par des alternances de calcaires siliceux lumachelliques et de marnes siliceuses à la base; de calcaires marneux ou gréseux phosphatés au sommet. La partie basale est puissante d'une centaine de mètres; la partie sommitale atteint 10-15 m dans lesquels sont incluses les couches phosphatées (9 à Metlaoui).

L'Yprésien-Lutézien inférieur est représenté par des calcaires durs siliceux à lumachelles.

363-52. — L'Eocène moyen (Lutézien supérieur) également lagunaire est formé de gypses massifs stratifiés et de marnes à gypses et Lumachelles; la puissance atteint 150 m. L'Eocène moyen est localisé dans la région de Metlaoui-Redeyeff et sur les flancs nord du Sehib et du Chemsî.

L'Eocène supérieur fait défaut.

363-6. — Le Miocène-Pliocène

363-61. — Le Miocène continental affleure à la frontière algérienne à l'ouest et au nord-ouest de Gafsa à la limite de notre dition.

363-62. — Le Miocène marin (Vindobonien) est seulement connu par les sondages; il constitue le remplissage de la Djeffara où il repose sur un substrat crétacé au nord et triasique au sud. Il s'y présente sous la forme d'un complexe sablo-argilo-marneux calcaire et gypseux avec parfois des couches conglomératiques et des dépôts calcaires; il passe à un faciès continental au pied de la falaise des Matmatas.

363-63. — Le Pontien (18). Le Mio-Pliocène continental affleure sur de grandes surfaces dans le Djerid, le Nefzaoua, la haute plaine de Moularès-Redeyeff, les basses plaines orientales et au nord-ouest de Maharès (Agareb). Le Pontien comprend essentiellement à la base des formations sableuses à vertébrés; la granulométrie devient de plus en plus fine vers le sommet; ces formations atteignent de 75 à 200 m de puissance. Le Pontien supérieur est formé d'argiles rouges puissantes de 200 à 500 m qui recouvrent des marnes grises à bancs de gypses puissantes de 100 à 130 m du Villafranchien (R. Coque, 1957). Dans la Djeffara et à Djerba, le Pontien recouvre les argiles et marnes gypseuses du Miocène; il est lui-même recouvert par les croûtes quarternaires.

(18) D'après les travaux de Ch. DOMERGUE, 1952.

363-7. — Le Quaternaire

363-71. — *Le Quaternaire marin* (19)

La première transgression marine quaternaire déterminée avec certitude est le Tyrrhénien. La mer à Strombes a couvert une frange littorale presque continue depuis le Skirra jusqu'en Libye. A Zarzis et à Djerba la succession stratigraphique est la suivante :

- 1) Mio-Pliocène continental à argiles sableuses gypsifères.
- 2) Croûte saumon à hélicidés.
- 3) Horizon ancien à calcaire oolithiques.
- 4) Croûte calcaire dure.
- 5) Plage à *Strombus bubonius*.

G. CASTANY (1955) interprète ces données de la façon suivante : la première (20) transgression Tyrrhénienne a formé le calcaire oolithique; la régression Tyrrhénienne a permis la formation de dunes et de croûtes.

La seconde transgression Tyrrhénienne a mis en place la plage à Strombes; elle a été suivie par la régression grimaldienne qui a vu la mise en place de limons rougeâtres; puis est intervenue la transgression Flandrienne.

On n'a jamais signalé de formations marines quaternaires antérieures au Tyrrhénien en Tunisie du Sud, à notre connaissance.

363-72. — *Le Quaternaire continental*

Les formations quaternaires continentales sont très étendues dans le Sud tunisien; les sols s'y sont développés et elles constituent souvent le seul substrat sur lequel se développe la végétation. L'étude de ces formations est donc fondamentale pour l'écologiste.

Malheureusement, le Quaternaire continental a peu intéressé les géologues dans le Sud et il n'existe aucun travail de synthèse, tout au plus trouve-t-on quelques observations dans les notices des cartes hydrogéologiques de G. CHOUBERT et A. ROBAUX (1940). Nous allons donc tenter un essai de synthèse des notions acquises, à la lumière de nos observations personnelles.

A) Le Quaternaire « ancien »

Dans la Djeffara, le Quaternaire ancien est représenté par des **croûtes calcaires zonaires** (21) qui passent progressivement vers le bas à un calcaire noduleux puis pulvérulent à cristaux de gypse, reposant soit sur les argiles gypseuses Pontiennes, soit sur les argiles — également gypseuses — du Miocène marin. *On observe parfois deux horizons à croûtes zonaires séparées par un limon sableux très calcaire.*

La croûte de surface est la « Croûte Saumon à Hélicidés » des auteurs. En voici une coupe.

(19) D'après G. GASTANY, 1954 et 1955, et P. BELLAIR, 1955.

(20) A. JAUZEIN (1959) a montré depuis que l'attribution du calcaire oolithique au Tyrrhénien I est hypothétique.

(21) Nous adoptons ici la nomenclature proposée par J.H. DURAND (1953) qui distingue que les « croûtes zonaires » des « encroûtements » des « formations pulvérulentes » et des « formations à nodules et pseudomycéliums ».

- I — 0- 3 — Sable fin peu limoneux brun-rougeâtre avec 70 % de débris de croûte roulés, usés.
- II — 3- 55 — Croûte calcaire dure, discontinue, à gros éléments en dalle, rubannés, à cassure brune.
- III — 55-120 — Calcaire pulvérulent à très nombreux nodules et concrétions calcaires; couleurs : blanc-rosé.
- IV — 120-195 — Sable calcaire à fins cristaux de gypse et nombreuses concrétions calcaires dures; couleurs : brun-rouge.
- V — 135-260 — Gypse cristallisé à nombreuses concrétions calcaires et cailloux calcaires roulés. Couleur rose.
- VI — 260-360 — Marne brun-rouge à concrétions calcaires et gypseuses, celles-ci plus rares et cristallisées.

Ce type de coupe est très général dans la Djeffara à quelques petites variations près.

G. CASTANY (1954-1955) a montré qu'à Zarzis et à Djerba la plage à Strombes et les calcaires oolithiques du Tyrrhénien (24) reposaient sur la croûte à Hélicidés et il admet que cette croûte est contemporaine du Sicilien. Mais il semble difficile d'attribuer cette croûte à l'époque de la transgression Sicilienne, celle-ci étant contemporaine de l'interpluvial 3-2; on admet généralement que le climat interpluvial ne peut permettre la formation de croûtes, mais que celles-ci prennent naissance durant les pulsations climatiques catapluviales. Il paraît alors logique d'attribuer la croûte saumon au Tensiftien (22).

R. COQUE (*in litteris*) pense que cette croûte est d'âge Villafranchien terminal (23) tirant argument du fait qu'elle recouvre presque toujours les formations Mio-Pliocènes. Cependant, on observe parfois deux croûtes calcaires superposées comme dans la coupe suivante (LE HOUÉROU, 1955), étudié dans la région de Médenine (37 G 19' 00" × 8 G 96' 60").

- 0- 45 — Limon sableux rubéfié à nodules calcaires.
- 45- 60 — *Grandes dalles de croûte calcaire*, rubannées à la partie supérieure.
- 60-100 — Sable très fin, brun très pâle, avec de nombreux nodules et débris de croûte.
- 100-110 — *Croûte calcaire dure rubannée.*
- 110-155 — Sable très fin calcaire, brun très pâle, avec de nombreux nodules et pseudo-mycélium calcaires.
- 155-190 — Sable fin limoneux rubéfié avec de nombreux nodules calcaro-gypseux.
- 190-230 — Sable fin limoneux calcaro-gypseux, rubéfié, nombreux pseudo-mycélium et cristaux de gypse.

La présence de deux croûtes superposées permet de penser qu'il y a effectivement une croûte Villafranchienne surmontée d'une croûte Tensiftienne. La croûte Villafranchienne ayant souvent pu être emportée par l'érosion, rien ne s'oppose à ce qu'une croûte Tensiftienne puisse alors reposer directement sur le Mio-Pliocène. D'ailleurs, les formations miopliocènes sont souvent recouvertes d'un encroûtement gypseux qui ne peut être Villafranchien car il est peu probable qu'un encroûtement si friable ait pu résister à l'érosion pendant tout le Quaternaire.

Le fait que la croûte saumon soit rubannée et très pauvre en débris clastiques suggère qu'elle se soit durcie au contact de l'air. Il ne s'agit donc probablement pas d'une genèse « per descensum ». Le processus de formation par ruissellement en nappe sur un glaciais d'érosion,

(22) Nous adoptons la terminologie proposée pour le Maroc par G. CHUBERT, F. JOLY, M. GIGOUT, J. MARÇAIS J. MARGAT et R. RAYNAL, 1956.

(23) C'est aussi le point de vue de P. F. BUROLLET qui a étudié les croûtes du Sahel (1956).

(24) La croûte qui surmonte le calcaire oolithique de Zarzis-Djerba ne serait pas une véritable croûte, mais un remaniement superficiel dont la formation a été favorisée par la situation littorale (R. COQUE, *in litt.*).

invoqué par J. H. DURAND (1953) ne satisfait pas davantage en tant que processus exclusif dans le cas du Sud tunisien, car la croûte y est indifférente à la topographie ainsi que l'a fait remarquer R. COQUE (1955) et que nous l'avons nous-même constaté.

AGAFONOFF (1936, p. 300 et 326) pense que le vent joue un rôle important dans la formation de ces croûtes. En effet, l'examen morphoscopique montre qu'elles sont constituées de grains de quartz anguleux de diamètre compris entre 50 et 500 μ cimentés par un fond calcaire finement cristallisé. Or, les sables éoliens actuels sont formés en majeure partie par des particules de 50 à 500 μ . Ces faits viennent confirmer les arguments tirés de la présence de croûtes calcaires dans des zones où il n'y a pas de ruissellement possible ni de remontée de sels par capillarité : sur des dalles géologiques au sommet de certains Djebels, comme R. COQUE (1955) et nous-mêmes l'avons observé (25).

Il faut, néanmoins, se garder des généralisations. Il y a des croûtes formées par ruissellement conformément à la théorie de DURAND, d'autres formées « per descensum », d'autres « per ascensum », certaines enfin, doivent leur formation à des processus éoliens. L'erreur consiste à ériger l'un des processus en système.

Dans le Sud tunisien, il semble qu'il y ait des croûtes formées conjointement « per ascensum » et par ruissellement (ruissellement sur des surfaces enrichies en calcaire par capillarité) et d'autres formées par des processus éoliens : dépôt et cimentation par les eaux de pluies et les rosées.

Le fait que les croûtes se soient durcies au contact de l'air implique que les sables fins et limons plus ou moins rubéfiés qui recouvrent parfois la croûte sont d'origine différente et d'âge plus récent.

B) Le Quaternaire moyen

est surtout représenté par des encroûtements gypseux à la surface desquels on trouve parfois des vestiges d'industrie capsienne (Gafsa). Ainsi que l'a montré R. COQUE (1955), et que nous l'avons nous-même constaté, la croûte gypseuse présente une grande uniformité tant par sa morphologie que par sa composition chimique et minéralogique. Le Quaternaire moyen peut également être représenté par des croûtes calcaires en bordure de mer (G. CASTANY, 1955; E. GOBERT, 1948). R. NEUVILLE (*in* E. GOBERT, 1948), a trouvé à Sfax une croûte calcaire reposant sur une plage à Strombes avec un horizon intercalé à industrie Moustérienne. Or, la même industrie Moustérienne existe à 5-6 m sous la croûte gypseuse à l'oued Akarit (E. GOBERT, 1948). L'on peut donc admettre que les deux formations sont à peu près contemporaines et postérieures au Tyrrhénien. Le seul climat favorable à la naissance d'une croûte généralisée après le Tyrrhénien est celui de la fin du dernier grand pluvial. Il faut donc admettre pour la croûte gypseuse de la Djeffara, l'âge Grimaldien-Soltanien. C'est d'ailleurs à peu près l'âge attribué par G. CASTANY à la croûte calcaire (1) surmontant le calcaire oolithique de Zarzis et Djerba, contemporaine de la croûte gypseuse généralisée.

Coupe type de la croûte gypseuse de la Djeffara (entre Kettana et Mareth).

- 0-100 — Gypse pulvérulent, peu calcaire, quelques racines, couleur blanc; structure assez serrée.
- 100-300 — Mélanges de gypse amorphe et finement cristallisé, blanc rosâtre, à taches brunes, avec des roses des sables formées de gros cristaux de gypse.

(25) De plus, on connaît des croûtes calcaires zonaires plaquées sur des roches non carbonatées : basaltes d'Israël

C) Le Quaternaire récent

est formé de sables fins, limons et loess (Matmatas). Les sables fins et limons ocres ont recouvert d'un voile plus ou moins continu la croûte calcaire Tensiftienne et la croûte gypseuse Grimaldienne; mais ils ont été la plupart du temps décapés par l'érosion et on les retrouve généralement sous forme de colluvions à la base des croupes occupées par ces croûtes. L'on retrouve parfois, cependant, ces alluvions en place sur les croûtes qu'elles recouvrent alors sur une épaisseur qui dépasse rarement 1 m.

Ces limons et sables fins ne sont jamais encroûtés. Le loess des Matmatas est probablement du même âge car

1) il n'est jamais encroûté;

2) il peut parfois recouvrir la croûte gypseuse typique (R. Coque, comm. verb.), cependant en l'absence d'industrie ces sables, limons et loess n'ont jamais pu être datés de façon indiscutable. Les critères morphologiques permettent de la rapporter logiquement au post-pluvial Rharbien.

Coupe de loess (26) :

0-500 — Limon sableux à nombreux nodules calcaires dispersés dans la masse. Couleur jaune-rougeâtre.

L'analyse de ce loess nous a donné les résultats suivants :

Granulométrie : de 2 000 à 200 :	0
200 à 100 :	7 %
100 à 50 :	47 %
50 à 20 :	13 %
20 à 2 :	22 %
0 à 2 :	11 %

Calcaire : 23 %; calcaire actif : 11,5 %; Cl : traces; SO₄ : traces; pH : 8,2.

Coupe de limons :

0-250 — Surface colmatée. Limon sableux à sable fin; structure nuciforme; assez serrée; racines; quelques nodules calcaires friables; couleur jaune rougeâtre.

Granulométrie : de 500 à 2 000 :	0
200 à 500 :	1 %
100 à 200 :	8 %
50 à 100 :	46 %
20 à 50 :	19 %
2 à 2 :	13 %
0 à 2 :	13 %

Calcaire : 18,7 %; calcaire actif : 13 %; Cl : 0,2 ‰; SO₄ : 4 ‰; pH : 8.

L'analogie de ces deux sédiments est frappante. Les courbes granulométriques sont très voisines de même que la composition chimique. Le premier profil provient de la région de Ksar Techine dans les Matmatas, le second d'une terrasse d'oued de la région de Mareth. Il faut donc en conclure que cette terrasse s'est formée à partir du loess des Matmatas repris par l'érosion. Le loess serait donc plus ancien que les terrasses actuelles de la Djeffara. Cf. fig. 17.

(26) La puissance du loess peut atteindre 20 m.

GRANULOMETRIE DU LOESS DES MATMATAS ET DES LIMONS DES TERRASSES DE LA DJEFFARA

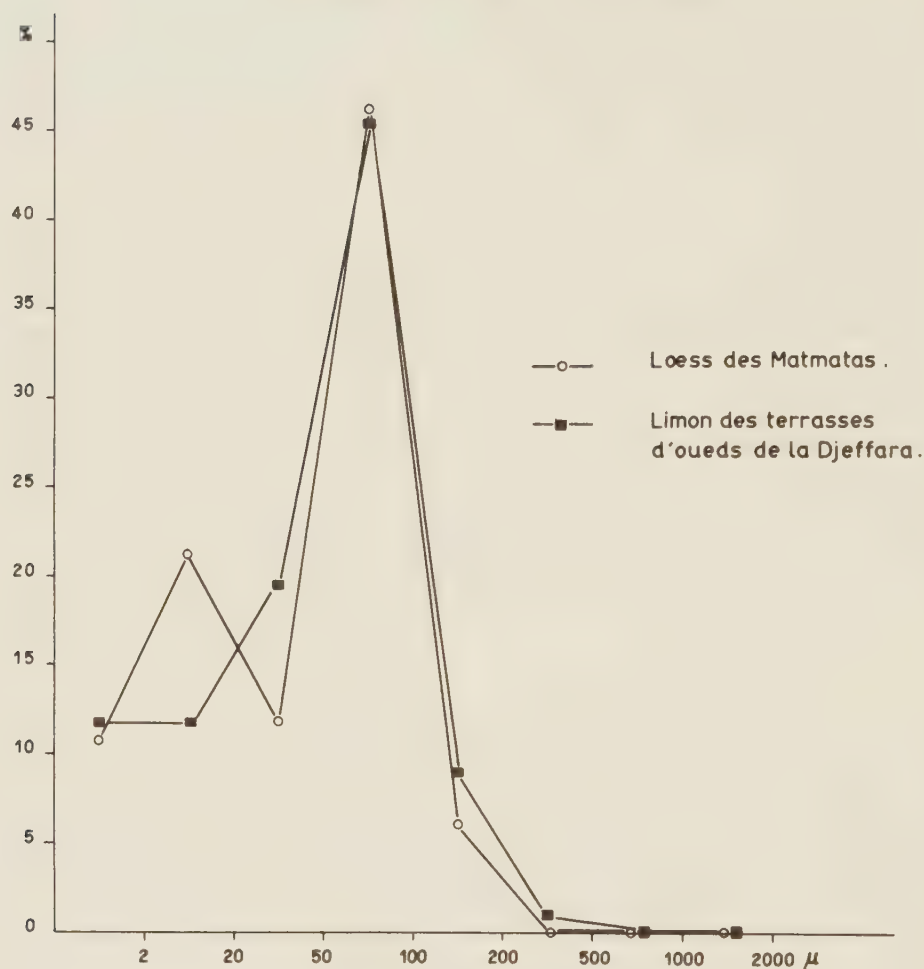


FIGURE 17

D) Alluvions modernes, Quaternaire actuel

On peut dire, très schématiquement, que dans le Sud tunisien les alluvions fluviales présentent une texture d'autant plus grossière qu'elles sont plus récentes. Les différents types d'alluvions sont : les dunes et voiles sablonneux éoliens, les comblements des basses terrasses, les sols de dayas, de Garaas et de Sebkaas. Ces dernières présentent presque toujours la périphérie des ceintures sableuses avec au moins un horizon d'encroûtement gypseux dû à l'évaporation d'une nappe proche de la surface. Ces encroûtements se retrouvent jusque dans la zone saharienne, en particulier dans la Nefzaoua, et le Rherib. Leur nature actuelle est indiscutable car elles se reforment souvent dans les trous de plantation des palmeraies. Ce sont les encroûtements connus sous le nom de « Deb-Deb » et « Ras Kelb »; l'on retrouve parfois plusieurs niveaux plus ou moins bien encroûtés témoins de l'abaissement des nappes.

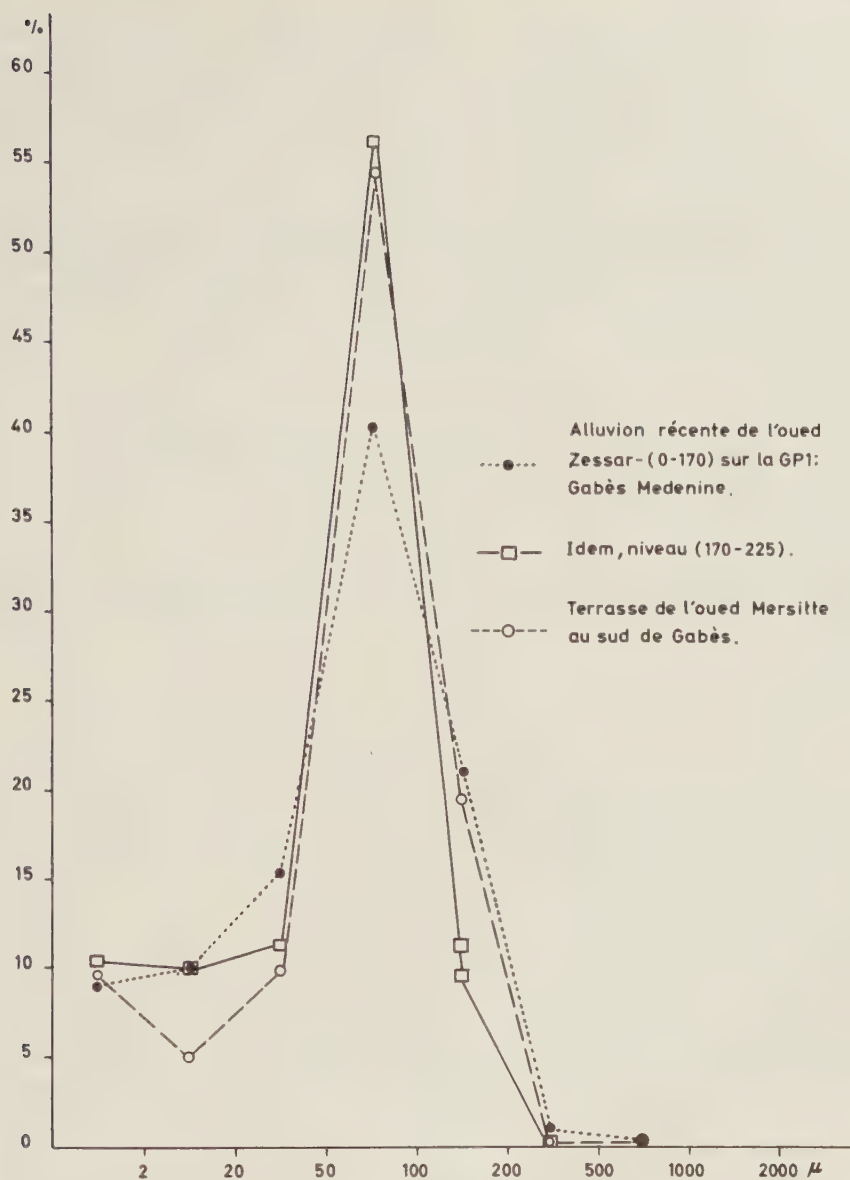


FIGURE 18

364. — CONCLUSIONS SUR LA GEOLOGIE

En résumé les données de la géologie nous fournissent des indications précieuses sur la nature des substrats où se développent la végétation. L'on remarquera que la série stratigraphique comprend en majorité des calcaires et des marnes. Celles-ci sont très souvent gypsifères. Ces faits expliquent l'abondance du calcaire, des argiles, du gypse et du sel dans les alluvions et les sols du Sud et donnent par conséquent une première idée des conditions édaphiques dominantes dans lesquelles se développent la végétation.

37 A. — LES DONNÉES DE LA GÉOMORPHOLOGIE

37 A 1. — LA REGION DE L'ATLAS SAHARIEN ET LA DJEFFARA offrent les caractères morphologiques habituels des régions arides. Surgissant par des gorges étroites (les « Foums ») des Djebels souvent monoclinaux, escarpés et dénudés, les oueds ont façonné les piedmonts pendant les périodes pluviales. Les ruissellements ont façonné des glacis d'érosion à partir d'une pellicule d'alluvions qui représente la charge solide de ces eaux. Ces glacis d'érosion résultent de la coalescence des cônes d'érosion (« *Rockfans* »); ils ont été encuirassés à la fin des périodes pluviales par des croûtes calcaires ou gypseuses qui ont permis leur conservation et dessinent encore les grands traits de la morphologie actuelle. Des glacis d'épandages leur succèdent en aval selon le schéma suivant :

L'on distingue ainsi deux et parfois trois glacis d'érosion emboîtés auxquels succèdent en aval les Sebkhas actuelles.

Dans les régions endoréiques de Gafsa-Metlaoui-Redeyeff et du Chott Fedjej on observe deux glacis emboîtés cuirassés (surtout le supérieur) par de puissants encroûtements gypseux (R. COQUE, 1954).

Dans la Djefara entre Gabès et une ligne Tatahouine-Médenine-Ben Gardane l'on observe vers l'amont un glacis fossilisé par la puissante croûte saumon à Hélicidés. Au pied même de la Cuesta des Matmatas, cette croûte est souvent emportée par l'érosion latérale et l'on observe alors un enchevêtrement de terrasses dégagées par d'innombrables petits oueds. Vers l'aval lorsque le réseau hydrographique se concentre, les interfluves s'élargissent et la croûte occupe de vastes surfaces. Sous ce glacis à croûte calcaire vient s'emboîter un second glacis à encroûtement gypseux. A l'aval de ce glacis succèdent des Sebkhas souvent entourées d'une ceinture de dunes.

R. COQUE (1955) a montré de façon indiscutable que le puissant encroûtement gypseux des bords du Fedjej et de la région de Gafsa avait pour origine des apports gypseux éoliens en provenance des Sebkhas et des Chotts. Il ne semble pas que ce mécanisme ait joué pour les gypses pulvérulents de la Djefara, du moins au sud de Gabès. Il ne semble pas, en effet, qu'ici la surface relativement faible des Sebkhas ait pu donner lieu à des phénomènes d'une telle ampleur; d'autre part, cette région est séparée des Chotts par l'écran montagneux des Matmatas. La morphologie de l'encroûtement gypseux de la Djefara est elle-même un peu différente. L'encroûtement est ici nettement moins induré et ne présente jamais de polygona-tion ni caractéristique des encroûtements de Gafsa et du Fedjej. Son épaisseur est moindre et elle passe rapidement à une formation riche en gypse cristallisé. Nous pensons donc que cette croûte a pu se former en fin de pluvial à partir du substrat marneux riche en gypse, « per ascensum ».

DURAND (1953, p. 123) attribue la formation de ces gypses pulvérulents à des dépôts lagunaires. Ce processus de formation n'est pas général dans le Sud tunisien. Toutefois on trouve des gypses lagunaires dans les régions du Fedjej, de Gabès et de Mareth; ils contiennent toujours des Cardium et occupent des points bas de la topographie. Nous avons observé également dans l'Extrême Sud (Djeneien, Mechiguig) des croûtes gypseuses de transport jamais signalées jusqu'à ce jour, à notre connaissance (cf. chapitre sols). Il y a donc en Tunisie du sud, au moins cinq processus différents de dépôt de gypse, dont deux, au moins,

demeurent actuels : origine éolienne, lagunaire, par capillarité sans nappe, par transport (actuel), encroûtements de nappe (actuel).

En dehors des zones à nappes phréatiques et des formations sahariennes par transport on ne note guère actuellement de formation de croûte (s.l.) dans le Sud tunisien.

Du point de vue de l'érosion : l'écoulement en nappe est exceptionnel de nos jours et n'intervient que lors des crues importantes, par débordement des oueds et seulement en aval des piedmonts. Il s'agit presque toujours d'écoulements et d'érosion linéaires. Cette dernière est particulièrement intense dans les formations tendres tels les loess des Matmatas et donne alors au paysage un aspect « lunaire ».

37 A 2. — LES MATMATAS ET LE DJEBEL constituent une série de *cuestas* successives en fonction de l'alternance lithologique calcaire-marne de la série jurassique et crétacée. Elles se sont développées depuis le Lutétien par démantèlement du dôme de la Djefara. A la fin du Tertiaire l'aspect de ces *Cuestas* était déjà à peu près celui que nous connaissons. Le Quaternaire y a seulement apporté des retouches minimales. Ces *Cuestas* dont le front est tourné vers la mer, dominant la plaine de la Djefara d'une hauteur pouvant varier de 100 à 600 m. Le relief est parfois ennoyé par un loess quaternaire profondément raviné (*Gulley* érosion).

37 A 3. — L'OUARA. Situé entre la ligne Rehach-Sidi Toui et la falaise du Djebel, l'Ouara affecte la forme d'une plaine alluviale développée en glacis à partir de la falaise du Djebel et des collines du Rehach et de Sidi Toui. Ce glacis est fossilisé par des croûtes dont la nature est fonction du matériau lithologique des Djebels. Les piedmonts du Crétacé, du Jurassique et du Trias inférieur sont fossilisés par la « Croûte Saumon » tandis que les glacis situés en contre-bas des affleurements du Lias et du Keuper ont donné une croûte gypseuse plus récente. Les croûtes sont le plus souvent couvertes d'un voile éolien de sable grossier, voire de dunes. Le réseau hydrographique est peu développé, l'endoréisme est dominant, les dépressions linéaires sans aboutissement (les « *Kraoui* ») ont parfois entaillé la puissante croûte calcaire. Les écoulements sont peu importants sauf dans les piedmonts du Djebel où les oueds coulent une à deux fois par an pour aller se perdre dans les *Sebkhas*.

37 A 4. — LES DAHARS constituent le revers des *Cuestas* des Matmatas; au contact de l'Erg surgissent des buttes-témoin au « *Gour* » (sing. *Gara*) (27). C'est le domaine de l'érosion éolienne.

7 A 4-1. — Les Dahars du nord présentent l'aspect d'un reg de dissociation à dreikanTERS sur les croûtes et d'ablation dans les parties basses. Les oueds y ont entaillé de profondes vallées dans le substrat crétacé. Ces vallées sont encore fonctionnelles dans les Dahars du nord où les oueds coulent une à deux fois par an, c'est-à-dire entre le Djebel Tebaga et la

(27) Ne pas confondre avec *Garaa* qui est, au contraire, une dépression fermée à sol non salin.

latitude de Bordj le Bœuf. Ces oueds sont en général marqués par un cordon de dunes à végétation relativement dense à nanophanérophyles. On trouve parfois dans les zones d'épandages d'oueds, là où la texture du sol est fine, des « yardangs » de petites dimensions.

37 A 4-2. — Les Dahars du sud présentent un aspect nettement différent; la région est plus sèche; les crues d'oued sont exceptionnelles puisque des puits sont creusés dans les lits. Ces oueds ont cependant creusé d'importantes vallées, tel l'oued Guecira, en désaccord frappant avec les rares écoulements actuels. Le relief et les plateaux des Dahars du sud sont recouverts par des regs; on peut y distinguer des regs de dissociation et d'ablation.

Les regs de dissociation ou autochtones (MONOD, 1937), offrent deux aspects : d'une part, des regs à éléments relativement fins provenant de la dissociation d'un matériau friable comme les calcaires crayeux; d'autre part, des regs à éléments grossiers provenant de la dissociations de roches dures fracturées qui assurent la transition entre le reg typique et la Hammada.

Les regs d'ablation ou allochtones (MONOD, 1937) se présentent ici sous trois formes suivant la nature, la structure et l'évolution de la matière triée. Nous avons ainsi le *reg sableux* formé d'éléments sableux plus ou moins grossiers dont les parties les plus fines ont été emportées par le vent en surface. Si le reg sableux comporte une croûte peu profonde on a affaire à un *reg de fragmentation*.

Le *reg à Fech-Fech* enfin, est constitué par une formation pulvérulente de carbonates ou de sulfates, à structure vacuolaire, soufflée, extrêmement lâche, recouverte d'une pellicule de sable cimenté sur laquelle reposent des grâviers, silex et cailloutis. Cette pellicule et ces graviers protègent la formation pulvérulente contre la déflation. Les regs à Fech-Fech offrent un obstacle redoutable à la circulation : les véhicules en brisant la pellicule protectrice s'enfoncent profondément dans la formation pulvérulente du fait de la structure vacuolaire de celle-ci, exactement comme dans une « terre battante » après un labour.

Les regs autochtones sont formés par la désagrégation et le triage sur place des éléments du substrat géologique.

Les regs allochtones se forment à partir des alluvions des oueds quaternaires repris par la déflation. Il s'en suit que les regs autochtones occupent les parties élevées, les croupes et les interfluves tandis que les regs allochtones occupent les terrasses d'oueds, les dayas et les dépressions. D'une manière générale, les regs sont des milieux très secs; mais les regs autochtones, de par leur position topographique et leur nature squelettique constituent les milieux les plus secs du Sahara tunisien, plus secs que les Hammadas en particulier.

Les Dayas. A l'ouest de Bordj le Bœuf dans un triangle circonscrit par cette localité, le Djebel Sanrhar et Bir Aouine, le reg sableux se présente sous la forme d'un plateau karstique à dayas. Ces *dayas* authentiques (28) sont de forme ovale arrondie ou en fer à cheval. La présence de dayas en Tunisie n'avait pas été signalée jusqu'à ce jour, à notre connaissance

(28) On désigne souvent — à tort — sous ce terme des dépressions fermées liées à la topographie générale; ces dépressions fermées sont des *Garaa* (sol non salin) ou des *Sebkhas* (sols salins). Nous appelons « *daya* » des dépressions fermées de petites dimensions circonscrites dans des surfaces calcaires et tout à fait analogues aux dolines des Causses; c'est-à-dire d'origine karstique.

(nous avons remarqué un paysage analogue en Libye dans le Dahar au sud de Kabao). Ces dayas sont de petites dimension : quelques dizaines de mètres de diamètre; leur fond est formé par un remplissage sableux à sablo-limoneux plus ou moins profond portant encore parfois une végétation arborescente à Tamarix ou arbustive à Jujubier. Elles sont exceptionnellement cultivées en orge lorsque les pluies d'automne sont importantes. La formation des dayas a reçu des explications les plus diverses : actions éoliennes, phénomènes périglaciaires, etc. Dans le cas du Sud tunisien il semble qu'on doive les attribuer à des phénomènes Karstiques intervenus au cours des pluviaux quaternaires. Cette hypothèse est fondée sur le fait que ces dayas ne sont jamais encroûtées alors que le plateau qui les entoure présente souvent une croûte Saumon à Hélicidés. Cette croûte Saumon est recouverte d'un reg sableux et recouvre elle-même des sables fins limoneux rubéfiés, posés sur le substrat crétacé (Campanien, Maestrichtien).

Les Hammadas sont rares; on en note cependant dans l'Extrême Sud entre Bir Alapetite et Darkhlet El Bibane et au sommet de certains Gours (29), les flancs de ces Gours ou « Kreb » ne sont pas autre chose que des Cuestas; ils sont souvent couverts d'un voile de sable éolien. Les Hammadas sont un milieu relativement moins xérique que les regs; les végétaux se développent dans les interstices et diaclases des dalles où les produits d'altération de la roche-mère constituent un micro-sol abrité de la déflation. Les Kreb présentent parfois des suintements d'eau où la végétation se concentre.

Les Barkhanes. Les Dahars, surtout les Dahars méridionaux, sont aussi le domaine des Barkhanes. Celles-ci, considérées comme rares au Sahara (DERRUAU, 1956, p. 182; CAPOT-REY, 1953, p. 144) sont cependant assez communes dans le Sud tunisien. Les « champs de Barkhanes » forment des ergs mineurs tels l'Erg Merazigue, la partie orientale de l'Erg Djeneien (à l'est du Bordj), l'Erg Bazina, le Remel Kerechem El Haouia au nord de M'Chiguig. Les Barkhanes ornent aussi d'un liseré discontinu la bordure Est du Grand Erg Oriental. Ces Barkhanes sont presque toujours de petite taille : 1 à 3 m de haut et 5-50 m de long; elles sont presque toujours posées sur un substrat dur : reg de dissociation, Hammada ou conglomérat. Le recouvrement des dunes est de l'ordre de 30 à 70 % de la surface dans les « champs de Barkhanes ». Ceux-ci donnent naissance à une végétation originale d'espèces adaptées aux alternances d'ensablement et de dénudation. Alternances d'autant plus fréquentes que les Barkhanes sont de petite taille. *Helianthemum brachypodium* CHEVALLIER et *Helianthemum djeneiense* LE HOUÉROU sont strictement inféodés aux « champs de Barkhanes ».

37 A 5. — L'ERG ORIENTAL est généralement constitué de longs cordons dunaires sensiblement alignés Nord-Sud et séparés par des *Gassi* (fond rocheux) ou des *Feidj* (fond sableux); leurs interférences donnent naissance à d'imposants *Oghourds* qui peuvent atteindre 50 à 100 m de haut. Entre les dunes on rencontre des formations croûtoïdes lagunaire à *Cardium*. Le Grand Erg semble avoir son origine dans les alluvions des oueds sahariens : oued Igharghar venant du Hoggar et oued Mya venu du Tademayt. Les oueds issus des Matmatas et du Djebel tuniso-libyen ont également contribué à la formation de cet immense zone d'épandage. Ces alluvions reprises par la déflation au cours des interpluviaux à climat désertique ont

(29) Sing. : Gara = butte-témoin.

permis l'édification de cet imposant massif dunaire. On ne connaît pas l'âge du Grand Erg Oriental. Certains indices permettent de penser qu'il date en partie du Quaternaire ancien et en partie du Quaternaire récent.

L'Erg Oriental, au moins dans sa partie Nord, est un « *erg humide* » si on le compare à l'Erg Chèche, aux Edeyen du Fezzan ou à l'Erg libyque. Outre une pluviosité de 50 à 70 mm, ce caractère est dû, pensons-nous, au fait que les crues de nombreux oueds issus des Matmatas viennent se perdre sous ses dunes. Il existe presque partout dans la partie septentrionale de l'Erg une nappe phréatique située entre — 5 et — 40 m de la surface. Les eaux des Matmatas infiltrées sous l'Erg sont probablement en partie à l'origine de la nappe artésienne du Campanien qui alimente les oasis du Djerid et du Nefzaoua.

Dans un amas dunaires de l'Erg, la végétation est en rapport avec la morphologie des dunes, la proximité du squelette rocheux et la granulométrie du sable.

37 A 6. — LE NEFZAOUA ET LE RHERIB sont formés d'anciennes sebkhas ensablées par les apports éoliens en provenance de l'Erg. Le paysage se présente comme une succession incohérente de cônes sableux et de dépressions salées passant progressivement au Chott, à l'Erg ou Reg en bordure. Les cônes sableux sont souvent coiffés d'un bouquet de palmiers (Nefzaoua) irrigués par des émergences artésiennes qui, par griffons, proviennent de la nappe du Campanien, profonde de 100 m. Certaines dépressions présentent des croûtes de nappe pavimenteuses montrant en surface des champignons ou intumescences arrondies plus ou moins denses, parfois ininterrompues, de gypse pulvérulent. La formation de ces intumescences est insuffisamment étudiée mais il semble qu'elle soit liée à l'évaporation de la nappe phréatique le long des racines principales et du collet de certains arbustes en particulier de *Limoniastrum Guyonianum*. Ces intumescences se forment en boule, puis se délitent d'elles-mêmes laissant en place des sortes de taupinières tronconiques de gypse sableux pulvérulent.

37 A 7. — LE DJERID se présente sous la forme d'un dôme Pontien couvert d'un voile plus ou moins épais de sables très grossiers. Le Chott, lui-même, a été en communication avec la mer par le Fedjej et le seuil d'Oudref à certaines époques (30). Il ne semble pas impossible que le Chott Djerid ait reçu, à certaines périodes, les eaux du Hoggar et du Tademayt par les oueds Igharghar et Mya qui auraient pu déboucher dans le Chott entre Nefta et Redjem Maatoug.

37 A 8. — CONCLUSIONS

En région aride et saharienne, plus qu'ailleurs peut être, la distribution de la végétation se calque à peu près exactement sur les formes du modelé.

Nous verrons, en étudiant la végétation, que chaque type morphologique de paysage

(30) En particulier au Tyrrhénien : G. CASTANY, R. COQUE, Ch. DOMERGUE, 1953. La mer intérieure n'est donc pas un mythe comme l'ont écrit JOLEAUD et POMEL. MILOKHOFF (1952) a, par ailleurs, signalé la présence de foraminifères marins dans le Djerid.

correspond à une unité de végétation et chaque forme du modelé à une ou plusieurs séries d'associations affines. C'est ainsi que la Carte des Groupements Végétaux de la région de Gabès permet de localiser du premier coup d'œil les différentes formes du modelé de la région. La Cuesta des Matmatas apparaît en bistre, le glacis supérieur à croûte calcaire apparaît dans les rouges; le glacis inférieur à croûte gypseuse apparaît dans les roses; les playas gypso-salines apparaissent dans les bleus et les violets, les terrasses dans les jaunes.

Comme les données géologiques et les données pédologiques, l'analyse des formes du relief apparaît donc fondamentale pour une interprétation correcte de la végétation.

37 B. — L'HYDROLOGIE

37 B 1. — HYDROGEOLOGIE (31)

LES PRINCIPALES NAPPES ARTESIENNES DU SUD TUNISIEN

Les nappes du Nefzaoua

La Nefzaoua recèle deux nappes profondes.

— **La nappe Campanienne** qui remonte dans le Pontien, a fourni 43 forages qui débitent 1 550 litres/seconde. Les résidus secs sont compris entre 0,62 et 2,5 ‰ dont 30 ‰ de Na Cl. Les forages du Nord donnent une eau plus chargée (Kebili : 2,5) que ceux du Sud (Douz : 0,6).

La roche magasin est un calcaire fissuré; le plancher de la nappe est constitué par des marnes senoniennes, le toit par des marnes et argiles pontiennes. Le niveau statique est de 70 m au Nord et 50 m au Sud. La profondeur de la nappe varie de 30 à 100 m, son débit spécifique de 1 à 10 suivant le degré de fissuration du calcaire. On compte environ 200 sources naturelles actives dans la Nefzaoua. Ces émergences sont des remontées artésiennes de la nappe du Campanien par des griffons à travers un recouvrement miocène épais de 30 à 100 m. Ces sources émergent dans des bassins circulaires de 10-30 m de diamètre entourés de dunes fixées par la végétation favorisée par l'humidité (Association à *Traganum nudatum*, *Retama raetam* et *Suaeda mollis*, groupement n° 31). Cette végétation fixe les sables éoliens; autour de l'émergence se forme donc un cône qui a tendance à s'élever. Le Nefzaoua doit un des aspects les plus originaux de son paysage à ces cônes sableux souvent couronnés d'un bouquet de palmiers. Dans les cas extrêmes la source est morte, entièrement recouverte de dépôts concrétionnés; il existe de nombreux exemples de ces sources « fossiles ».

— **La nappe Turonienne.** Les sources et les sondages intéressant cette nappe sont localisés au pied du Djebel Tebaga. Elle fournit actuellement 150 litres/seconde d'une eau chargée de 2,3 à 4 ‰ de résidu sec dont 30 ‰ de Na Cl. Le niveau statique est de l'ordre de 30 m.

(31) D'après les travaux de Ch. DOMERGUE (1952).

La nappe du Djerid

La nappe du Djerid est située dans le sénonien supérieur (Campanien) qui draine les sables Pontiens; elle débite actuellement 1 850 litres/seconde; les niveaux statiques oscillent autour de 55 m. Les résidus secs varient de 2 à 4 % dont 30 à 40 % de Na Cl. L'alimentation de la nappe se fait par le Sud à partir de celle du Nefzaoua et du Rherib, provenant elles-mêmes des impluvia des Matmatas, des Dahars et de l'Erg.

La nappe de Gafsa comme celle du Djerid, le Crétacé supérieur fissuré sert de drain aux eaux des sables pontiens. La nappe provient du plateau situé au nord de Gafsa. Elle débite actuellement environ 300 litres/seconde.

La nappe de Gabès est située dans les calcaires Turoniens et Cénomaniens; elle débite environ 1 500 litres/seconde et titre 2,4 à 6,6 ‰ de résidu sec dont 30 % de Na Cl. Les émergences naturelles sont assez nombreuses et à l'origine des anciennes oasis. Ainsi l'oued Gabès fournit 300 litres/seconde. Le niveau statique est de 55-60 m au Sud (Mareth-Arram) et 30 m au Nord (Oued Melah-Oudref). Les capacités spécifiques varient de 6 à 25 litres/s.-m. La nappe provient des Matmatas.

La nappe de Zarzis-Djerba est située dans des sables verts miocènes à 200 m de profondeur. Le niveau statique est de l'ordre de 20 m d'où la localisation des sondages sur le littoral. Le débit actuel de la nappe est de 350 litres/seconde. Les eaux sont très chargées : de 5 à 10 ‰ de résidu sec dont 60 % de chlorures. Plusieurs niveaux aquifères existent dans le miocène : les niveaux inférieurs fournissent des eaux très chargées (10 à 15 gr/l).

La nappe Triasique de Médenine fournit 500 m³ par jour d'une eau titrant 1,7 gr/l de résidu sec à une profondeur de 27,50 m.

Les eaux Jurassiques de Tatahouine fournissent des puits et quelques sources de Tatahouine à Déhibat. Trois étages sont aquifères : le Callovien, le Portlandien, le Kimméridgien. Les niveaux statiques sont compris entre 265 et 280 m. Les débits sont faibles. Les résidus secs sont de l'ordre de 5 gr/l dans les puits et les sources polluées par les eaux quaternaires; les forages donnent des eaux de 1,5 à 2,2 gr/l.

Les nappes sahariennes

La nappe albiennaise est exploitée à Ksar Rhilane et à Bordj le Bœuf. Les débits sont de 133 litres/seconde à Bordj le Bœuf, 166 litres/seconde à Ksar Rhilane avec des résidus secs de 2,9 et 4,5 ‰ dont 50 % de chlorures. Le niveau statique est de 300 m et décroît très lentement du Sud vers le Nord.

La nappe turonienne est connue par les forages de Bir Ghazel-Derj et Rhadamès (Libye) et la source naturelle d'Ain el Frass à Rhadamès. Le débit total atteint 100 litres/seconde avec des teneurs de 2,1 à 2,6 gr/l de résidu sec dont 20 % de chlorures; niveau statique : 350 m.

La nappe campanienne, connue à Fort Saint, n'est pas artésienne (niveau statique : 2 m).

37 B 2. — HYDROLOGIE SUPERFICIELLE

CARTE DU RUISSELLEMENT MOYEN ANNUEL

(d'après E. Berkalof et J. Tixeront)



FIGURE 19

Si l'on excepte la Djeffara, une partie de l'Ouara et les basses plaines méridionales orientales, l'endoreisme est de règle dans le Sud tunisien. La région saharienne proprement dite est pratiquement areique; les oueds qu'on y observe sont uniquement alimentés par les précipitations qui arrosent les Djebels situés à la périphérie de la plateforme saharienne.

Les Djebels se comportent comme de véritables châteaux d'eau vis-à-vis du ruissellement et de l'alimentation des nappes. Les études éco-climatiques nous permettent de conclure que dans les Djebels du Sud tunisien, le gradient pluviométrique est positif lorsque l'altitude s'élève; ce gradient est de l'ordre de 25 mm pour une dénivellation de 100 m. Si dans une station située à une altitude de 300 m au pied d'un Djebel donné, il pleut 200 mm, à 200 m plus haut, dans le Djebel, il pleut 250 mm. Prenons le cas de Gafsa. L'altitude de Gafsa est de 326 m, la pluviosité de 152 mm. La ville est dominée par la masse du Djebel Orbata qui s'élève à 1 162 m. Or, au sommet de l'Orbata se développe une végétation comprenant entre autres : *Juniperus oxycedrus*, *Clematis flammula*, *Bupleurum gibraltaricum*, pour ne citer que des plantes ligneuses. L'étude de la distribution géographique de ces espèces montre qu'elles ne peuvent se développer lorsque la pluviosité s'abaisse au-dessous de 350-400 mm. Un autre cortège floristique : *Pistacia atlantica*, *Genista capitellata* var. *tunetana*, *Helianthemum Lippii*, *Astragalus*, etc... montre que la pluviosité ne dépasse guère 400 mm. On est donc en droit de conclure que la pluviosité du sommet de l'Orbata est de l'ordre de 350-400 mm, ce qui correspond à un gradient peu différent de 25 mm pour 100 m de dénivellation. Le même phénomène s'observe dans les autres Djebels, en particulier dans les Matmatas où des observations météorologiques en altitude viennent confirmer les données éco-climatiques. L'établissement des cartes modernes de précipitations est fondé sur cette méthode qui permet aussi, par conséquent, de dresser des cartes de ruissellement (E. BERKALOFF). Les oueds issus des Djebels de l'Atlas Saharien et des Matmatas coulent tous les ans. Ces écoulements ont lieu 2 à 3 fois par an, en moyenne : en octobre-novembre et en février-mars. Des oueds d'importance moyenne tel l'Oued Djir au sud-ouest de Gabès, présente un écoulement moyen annuel de l'ordre de 3 000 000 de m³.

L'Oued Zessar, au nord de Médenine, a un débit de l'ordre de 1 500 000 m³/an. L'Oued Zigzaou, dans la région de Mareth présente un débit de l'ordre de 1 200 000 m³.

La quantité moyenne d'eau débitée par les oueds est égale à environ $R = \frac{P^3}{5}$ (en m d'eau) (32). Ce rapport nous a permis de calculer le débit de certains systèmes hydrauliques; les résultats obtenus sont comparables à 10 % près à ceux obtenus par des séries de mesures sur certains oueds (Djir, Zigzaou). Nous avons étendu la méthode à l'ensemble du Centre et du Sud tunisien. On aboutit à un chiffre de l'ordre de 400 millions de m³ de ruissellement moyen annuel. Le chiffre est éloquent et permet de se faire **une idée des possibilités** de mise en valeur par rétention des eaux de ruissellement. La rétention totale de l'eau ruisselée pourrait permettre la culture de 200 000 hectares en arboriculture, puisqu'un équivalent pluviométrique de 300 mm suffit largement à assurer des récoltes d'olives, d'amandes ou d'abricots. Malheureusement tout est encore à faire dans ce domaine. La technique de rétention ne semble pas encore au point; les barrages de plaine sont régulièrement emportés par les crues. Les Romains, eux, savaient retenir les eaux de ruissellement; on admet que grâce aux travaux d'hydrologie superficielle ils ont pu planter 1 300 000 ha dans le centre et le sud tunisien, alors que les plantations actuelles n'intéressent pas plus de 700 000 ha.

(32) E. BERKALOFF et J. TIXERONT (1958). La formule est plus exactement : $R = \frac{P^3}{3E^2}$ (P = pluviosité et E = évapotranspiration exprimées en m d'eau).

38. — LES SOLS

Nous résumons ici l'essentiel d'un mémoire que nous avons publié dans les Annales Agronomiques (Institut National de la Recherche Agronomique, Paris) fascicule de mars 1960, pp. 241-308. Pour le détail et en particulier la description des profils de référence on se reportera donc à cette publication.

381. — NOTIONS GÉNÉRALES

L'étude des données géologiques nous a montré que la série stratigraphique du Sud tunisien est essentiellement constituée d'alternances de calcaires, de marnes plus ou moins gypseuses et de gypses.

L'étude des formes du relief nous a montré que la région se présente sous l'aspect d'une alternance d'anticlinaux escarpés, érodés aux pieds desquels s'emboîtent une série de glacis d'érosion plus ou moins fossilisés par les croûtes quaternaires.

Ces faits ont une influence déterminante sur la nature, la genèse et la répartition des sols. Du point de vue chimique, les sols du Sud se caractérisent par la présence constante du calcaire, celle très fréquente du gypse et l'extension des sols salés. Du point de vue pédogénétique le fait dominant est la faible et lente évolution vers des types eux-mêmes peu évolués; le sol zonal par excellence est un sol brun sub-désertique sur alluvions anciennes dans la zone aride. Dans la région saharienne il n'y a pas de sols évolués mais ces sols (regs et ergs) peuvent cependant être considérés comme zonaux (33).

De façon générale, si l'on excepte les paléosols, il n'existe pas de sols évolués sur roche-mère en place; les sols évolués se sont toujours différenciés dans des alluvions ou des colluvions. Ces faits s'expliquent aisément par l'érosion intense due au climat et accentuée par l'inclinaison généralement forte des roches-mères en place qui donnent naissance à des sols squelettiques constamment renouvelés par l'érosion.

Ce qu'on appelle généralement des sols à croûte dans le Sud représente, en réalité, des formations quaternaires dont l'évolution semble achevée de nos jours. L'on peut donc considérer ces « sols à croûtes » comme des paléosols du fait que les conditions climatiques nécessaires à leur genèse ne sont plus réalisées. Nous étudierons cependant, ces croûtes quaternaires en raison de leur grande extension et de leur influence déterminante sur la composition du tapis végétal.

382. — CLASSIFICATION DES SOLS

Nous adoptons ci-après une classification très largement inspirée de celles proposées par G. AUBERT (1952 *in* DEMOLON, Dynamique du sol; 1956 : AUBERT et DUCHAUFOUR, 6^e Congrès

(33) Notion de zonalité de processus.

international de la Science du sol; 1958 : classification pour la carte d'Afrique au 1/5 000 000; 1958 : cours professé à l'O.R.S.T.O.M., etc...).

Dans ces différentes classifications provisoires la terminologie varie quelque peu, surtout dans les termes supérieurs, bien que « l'esprit » de classification soit demeuré le même. Ces classifications sont fondées sur des critères évolutifs et morphologiques. La base en est le « groupe de sols » qui représente le type d'évolution du sol. Cependant, ces classifications n'ont pas prévu les paléosols; ceux-ci prennent une grande extension dans le Sud tunisien sous forme de croûtes ou encroûtements quaternaires dont l'évolution est achevée depuis les dernières récurrences humides. Il nous semble qu'on ne peut classer ces paléosols avec les sols actuels en cours d'évolution; on ne peut pas non plus les ignorer car ils occupent de vastes surfaces et constituent souvent le seul substrat édaphique où puisse se développer la végétation. Il nous a donc paru opportun de grouper les paléosols dans une unité supérieure autonome. Par ailleurs, nous avons subordonné les termes de la nomenclature suivant les classifications définitivement admises dans les autres sciences : c'est ainsi que l'ordre doit être subordonné à la classe; que le groupe doit être subordonné à l'ordre, etc...

Les étages définissent des sols évolués, non ou peu évolués et des paléosols.

Les classes et les ordres correspondent aux facteurs fondamentaux de la pédogénèse (climat, lithologie, végétation, etc...).

Les groupes correspondent aux processus généraux d'évolution du sol. Ce sont les unités fondamentales.

Les sous-groupes définissent l'intensité des processus ou la diversification par des processus secondaires.

Les familles rendent compte de la nature pétrographique de la roche-mère.

Les séries définissent la profondeur du profil ou la puissance de certains horizons.

Les types correspondent à la texture des horizons supérieurs.

Les phases sont déterminées par l'action humaine, animale ou leurs conséquences (pâturage, culture, érosion, alluvionnement, etc.).

I. ETAGE DES SOLS ÉVOLUÉS

1. classe des sols steppiques

A. ordre des sols sub-désertiques

- a — groupe des sols bruns sub-arides
- b — groupe des sols bruns sub-désertiques
 - α — s-groupe à profil homogène
 - β — s-groupe à nodules
 - + famille à nodules calcaires
 - + famille à nodules gypseux
- c — groupe des sols gris subdésertiques (= Sierozem)
 - α — s-groupe à imprégnation calcaire
 - β — s-groupe à imprégnation gypseuse
 - γ — s-groupe à imprégnation calcaro-gypseuse

2. classe des sols halomorphes

A. ordre des sols salins (Solontchaks)

- a — groupe des sols salins typiques
 - α — s-groupe des sols fortement salins (hypersolontchaks)
 - β — s-groupe des sols moyennement salins (mésosolontchaks)
 - γ — s-groupe des sols faiblement salins (hyposolontchaks)
 - δ — s-groupe des sols à salure profonde (cryptosolontchaks)
- b — groupe des sols salins à encroûtement
 - α — s-groupe des sols moyennement salins
 - β — s-groupe des sols faiblement salins

- B. ordre des sols salins à alcali
 - a — groupe des sols fortement salins
 - b — groupe moyennement salin
 - c — groupe faiblement salin

3. classe des sols hydromorphes

- A. ordre des tirs
 - a — groupe des sols tirsifiés
- B. ordre des sols à concrétions et carapaces de nappe
 - a — groupe des concrétions et encroûtement gypseux
- C. ordre des sols à croûte ou carapaces superficielles de bas-fonds
 - a — groupe des croûtes gypseuses de transport
- D. ordre des gleys
 - a — groupe des gleys profonds

II. ETAGE DES SOLS NON OU PEU ÉVOLUÉS

1. classe des sols bruts non climatiques

- A. ordre des sols squelettiques d'érosions
 - a — groupe des lithosols
 - b — groupe des régosols
 - α — s-groupe des loess
- B. ordre des sols d'accumulations
 - a — groupe des apports fluviaux
 - α — s-groupe des colluvions
 - β — s-groupe des alluvions
 - b — groupe des sols éoliens
 - α — s-groupe des dunes
 - β — s-groupe des Nebkas
 - γ — s-groupe des voiles et placages

2. classe des sols bruts climatiques

- A. ordre des sols désertiques
 - a — groupe des sols peu soumis à l'action du vent
 - α — s-groupe des hamadas (34)
 - b — groupe des sols d'ablation ou regs
 - α — s-groupe des regs autochtones
 - β — s-groupe des regs allochtones
 - + famille des regs sableux
 - + famille des regs pulvérulents
 - c — groupe des sols d'accumulation
 - α — s-groupe des voiles et placages
 - β — s-groupe des micro-dunes
 - γ — s-groupe des Nebkhas
 - δ — s-groupe des Barkhanes
 - ε — s-groupe des cordons dunaires et Oghourds

III. ETAGE DES PALÉOSOLS

1. sous-étage des paléosols évolués

- A. classe des paléo-sols calcimorphes
 - a — ordre des croûtes calcaires
 - b — ordre des encroûtements gypseux
- B. classe des paléosols hydromorphes
 - a — ordre des sols tourbeux
 - groupe des tourbes mésotrophes

(34) Ce n'est pas la hamada elle-même qui est à l'abri du vent, mais le micro-sol qui se développe dans les diaclases de la surface structurale.

383. — LES PRINCIPALES CATEGORIES DE SOLS DU SUD TUNISIEN

383-1. — Etage des sols évolués

Les sols actuellement en cours d'évolution sont à peu près tous localisés dans la zone non saharienne de notre dition, c'est-à-dire qu'ils se développent sous le climat méditerranéen aride sous des pluviosités de 100 à 300 mm. Les sols évolués de Tunisie méridionale se répartissent en 3 classes : les sols steppiques, les sols salés et les sols hydromorphes.

383-11. — Classe des sols steppiques

383-111. — Généralités

Les sols steppiques se sont différenciés dans des roches mères meubles, principalement des colluvions et des alluvions. Il y a lieu de remarquer que tous les sols où se développent des steppes ne sont pas des sols steppiques. En effet certaines steppes se développent sur des croûtes calcaires ou des encroûtements gypseux puissants et dénudés. Ces croûtes et encroûtements sont indiscutablement d'âge quaternaire ancien ou moyen et doivent par conséquent être examinés avec l'étage des paléosols (cf. *infra*).

Si l'on excepte les encroûtements d'origine hydromorphe, on n'observe guère actuellement en Tunisie de formation de croûtes (s.l.) en dehors du climat semi-aride, c'est-à-dire en dehors des zones recevant une tranche pluviométrique comprise entre 600 et 300 mm. La formation d'encroûtement calcaire semble la plus intense vers 450 mm : nous avons observé des reformations d'encroûtement dans des trous de plantation datant de l'époque romaine dans les régions de Medjez el Bab, Bou Arada et Tunis. AGAFONOFF avait déjà insisté sur ce fait dès 1936 (pp. 319-356, pl. XXIX-XXXI). Ce sont également à peu près les conclusions auxquelles parvient RUTTE (1958) en étudiant les « croûtes » d'Espagne. E. GOBERT (1948) a noté que l'encroûtement ne s'était pas reformé dans des puits funéraires puniques sous le climat du Sahel (250-350 mm) malgré la richesse en calcaire des déblais. P. F. BUROLLET (1956) partage le même point de vue, en admettant cependant des possibilités de formation actuelle en climat aride dans des conditions très particulières et toujours strictement localisées. C'est exactement la conclusion à laquelle nous conduisent nos observations personnelles. Nous excluons donc les sols à croûtes et encroûtements de l'ordre des sols steppiques arides sauf lorsque ces croûtes ou encroûtements ont servi de roche mère pour un néosol, comme c'est le cas pour certains sierozem (sol gris subdésertique). Ainsi délimités les sols steppiques de la Tunisie centrale et méridionale se développent sous des pluviosités variant de 100 à 350 mm et peuvent se réunir dans un ordre de « sols steppiques arides ».

Ordre de sols steppiques arides. Les steppes elles mêmes sont assez différentes : qu'il s'agisse de steppes graminéennes, des steppes mixtes ou de steppes à chaméphytes, l'importance du couvert végétal suit fidèlement celle de la pluviosité. Cette couverture atteint 80 % dans les steppes situées dans des pluviosités de 300 mm et s'abaisse à 10-20 % lorsque la pluviosité ne dépasse pas 80-100 mm. La teneur en matière organique des horizons supérieurs du sol varie dans le même sens que la pluviosité et la couverture végétale. Les sols steppiques du climat méditerranéen aride supérieur et semi aride inférieur (250-350 mm) contiennent 2 à 4 % de matière organique. Les sols des régions plus arides sont plus pauvres : à la limite des climats méditerranéens aride et désertique, cette proportion ne dépasse pas 0,5 %.

Ces considérations permettent de classer l'ordre des sols steppiques arides en :
Sols bruns subarides;
Sols bruns subdésertiques;
Sols gris subdésertiques.

a) Groupe des sols subarides (AUBERT)

Il semble que ce groupe soit à peu près équivalent aux « *Burozem* » des auteurs russes et de KUBIENA. Ils se développent en Tunisie centrale sous des pluviosités de 250-350 mm. De nombreux profils appartenant à ce groupe ont été décrits dans la Tunisie centrale, notamment par J. BOURALY et R. SABATHÉ.

La teneur en matière organique est de l'ordre de 2 à 3 % dans les horizons supérieurs; la couleur de l'ensemble du profil est brun-jaunâtre (variant autour de la couleur 5 YR 6/6 du code Munsell. Les sols se développent dans des roches meubles (alluvions, colluvions) à texture grossière à moyenne. La teneur en calcaire est de l'ordre de 5 à 20 %. Le plus souvent, dans les profils mûrs, on trouve entre 30 et 100 cm de profondeur des nodules calcaires au calcaro-gypseux de consistance variable allant du nodule pisolithique dur au nodule farineux, tendre, pulvérulent.

b) Groupe des sols bruns subdésertiques

Ce groupe de sols ressemble beaucoup au précédent a priori. Il en diffère par une teneur beaucoup plus faible en matière organique. Celle-ci dépasse rarement 0,5 %; elle est, de toute façon, inférieure à 1 %. La couleur du sol est voisine de celle du groupe précédent (5 YR 6/6, 5 YR 7/8, 5 YR 6/8, etc...). Comme dans le groupe précédent le calcaire est lessivé et tend à se concentrer en nodules et en pseudomycéliums vers 50-100 cm de profondeur; Il en est de même pour le gypse. La texture est généralement grossière à moyenne: les particules de 50 à 200 μ représentent plus de 50 % du poids du sol. L'humidité équivalente est le plus souvent comprise entre 5 et 20 %; la teneur en calcaire est, en règle générale, de 5 à 15 % dans la partie supérieure du profil et de 10 à 30 % dans les horizons à nodules et pseudo myceliums.

Ce groupe de sols se développe sous des pluviosités comprises entre 80 et 200 mm. Mais, alors qu'on le rencontre en toutes positions topographiques sous des pluviosités de 200 mm, il tend à se localiser dans les dépressions au fur et à mesure que la pluviosité moyenne décroît. Il y a, en quelque sorte, compensation entre l'aridité du climat et la position topographique. Vers leur limite aride d'extension, ces sols sont strictement localisés dans les bas-fonds où les apports d'eau par ruissellement viennent compenser l'aridité du climat. Il peut paraître surprenant de constater un lessivage des carbonates dans des zones où le pluviomètre accuse une moyenne de 100 mm; mais en réalité ce lessivage s'explique par la percolation des eaux de ruissellement dans les zones basses.

Les sols bruns subdésertiques de la Tunisie méridionale diffèrent des sols gris-bruns désertiques et bruns semi désertiques décrits en U.R.S.S. (H. V. LOBOVA, *Bull. A.F.E.S.*, mai 1960, pp. 269-282) par l'absence de « croûte » argileuse superficielle, d'horizon à structure feuilletée, l'absence d' « Argillisation nettement exprimée » et une texture beaucoup plus grossière. Par contre on ne note pas d'horizons différenciés à nodules, semble-t-il, dans les sols désertiques et semi désertiques de l'U.R.S.S. D'ailleurs les sols des déserts russes se forment sous des climats assez différents de ceux de la Tunisie méridionale :

$$\text{Moyenne de janvier} \left\{ \begin{array}{l} \text{Déserts d'U.R.S.S.} \quad - 4 \text{ à } - 15 \text{ (LOBOVA)} \\ \text{Tunisie méridionale} \quad + 5 \text{ à } + 12 \end{array} \right.$$

Les sols bruns subdésertiques sont les sols climaciques de la Tunisie présaharienne.

c) Groupe des sols gris subdésertiques

Ce groupe diffère essentiellement des deux précédents par la faible quantité de fer libre, l'absence de rubéfaction et une incrustation calcaire, calcaro gypseuse ou gypseuse voisine de la surface du sol. La couleur est d'un gris plus ou moins rosé (5 YR 7/1, 5 YR 9/1, 7 YR 7/4, etc...). La texture est grossière à très grossière. La teneur en matière organique des horizons de surface est inférieure ou voisine de 1 %. Ces sols se développent sous le climat méditerranéen aride caractérisés par des pluviosités de 80 à 200 mm; ils sont beaucoup plus rares que les sols bruns subdésertiques. Il faut se garder de les confondre avec des croûtes ou des encroûtements quaternaires.

383-12. — Classe de sols halomorphes

Les sols halomorphes se définissent par l'ensemble des caractères suivants :

- plus de 2 p. 1 000 de sels solubles;
- conductivité supérieure à 4 mmhos;
- présence d'efflorescences salines en surface à la saison sèche;
- végétation spécialisée à Halophytes.

En Tunisie méridionale les sols halomorphes sont répartis en deux ordres : les sols salins et les sols salins à alcali (AUBERT).

Les sols salins (salontchacks) se caractérisent par un $\text{pH} < 8,5$ un coefficient

$$\frac{\text{Na}}{\text{Bases échangeables}} < 12.$$

Les sols salins à alcali se définissent par les caractères inverses, par l'état dispersé des colloïdes en saison pluvieuse et la tendance à une structure colonnaire en saison sèche. C'est un ordre de transition entre les solontchacks et les solonetz.

Ordre des solontchacks

Dans le Sud tunisien ce sont des sols de texture plus ou moins grossière généralement riches en sulfate de chaux et en calcaire. Nous avons distingué deux groupes en fonction de la présence ou de l'absence d'un encroûtement au-dessus de la nappe phréatique.

Groupe des solontchacks typiques

Nous avons distingué quatre sous-groupes en fonction de la teneur en chlorures (exprimée en Na Cl % de terre sèche).

Hypersolontchacks :

10 % de Na Cl et plus dans les horizons supérieurs au cours de la saison sèche. Cristaux de Na Cl bien visibles en saison sèche. Pellicule croûteuse de Na Cl en surface. Pas de végétaux supérieurs ou très rares.

Mesosolontchacks :

1 à 10 % de Na Cl dans la partie supérieure du profil durant la saison sèche. Végétation de halophytes crassuléscentes hautement spécialisés. Peu de cristaux de Na Cl et très petits, souvent associés aux sulfates en pseudomycéliums. Surface à efflorescences salines mais sans pellicule croûtoïde.

Hyposolontschacks :

Teneur en chlorures de 0,1 à 1 p. 100 dans les horizons supérieurs au cours de la saison sèche. Pas de cristaux de Na Cl visibles à l'œil nu. Peu ou pas d'efflorescences salines à Na Cl en surface pendant la saison sèche. Végétation comprenant des Halophytes obligatoires, des Halophytes facultatifs et des plantes euryioniques. Ces sols sont généralement riches en sulfates.

Cryptosolontchacks :

Ce sont des solontchacks à salure profonde, sains en surface. Il s'agit le plus souvent d'un solontchack enterré, surmonté d'un sol brun subdésertique ou d'un horizon sableux éolien. Leur végétation contient une majorité de plantes non halophiles et quelques Halophytes vivaces à enracinement puissant tels : *Salsola vermiculata villosa*, *Traganum nudatum*, etc.

Groupe des solontchacks à encroûtement

Ce sont des sols salins présentant un encroûtement, généralement gypseux, au-dessus du niveau de la nappe phréatique. Il s'agit le plus souvent de sols faiblement salins se développant à la périphérie des sebkhas. Nous avons noté des teneurs de 0,3 à 0,8 % en chlorures dans les horizons supérieurs et des teneurs de 30 à 50 % de gypse et 5-20 % de calcaire au niveau de l'encroûtement.

Ordre des sols salins à alcali

Ce sont des sols salins de texture moyenne à fine où le complexe absorbant est saturé en sodium a un taux supérieur à 12-15 %. Il en résulte une structure fondue par dispersion des colloïdes en période pluvieuse et parfois une tendance à la structure prismatique colonnaire en profondeur pendant la saison sèche. Durant la saison sèche la surface est couverte d'une pellicule squameuse surmontant un horizon poudreux-spongieux. Il n'y a par forcément d'efflorescences noires en surface contrairement à ce qu'affirme DUCHAUFOR (1960, p. 318); en Tunisie du sud on constate des efflorescences blanches ou grisâtres en surface durant la saison sèche.

Comme pour les sols salins on peut distinguer des groupes en fonction de la teneur en chlorures :

Groupe des sols à alcalis fortement salins.

- | | | |
|---|---|--------------------|
| » | » | moyennement salins |
| » | » | faiblement salins |
| » | » | enterrés. |

Ces groupes peuvent à leur tour se diviser en sous-groupes en fonction du degré de saturation du complexe en sodium :

Sous-groupe peu saturé. $12 < \text{Na/bases éch.} < 20$.

Sous-groupe moyennement saturé. $20 < \text{Na/bases éch.} < 30$.

Sous-groupe fortement saturé. $30 < \text{Na/bases éch.} < 40$.

Conclusion sur les sols halomorphes

Cette classe de sols prend une grande extension en Tunisie méridionale. L'ordre des sols salins est beaucoup plus représenté que celui des sols salins à alcali; on n'a pas encore

noté de solonetz typiques à notre connaissance. La classification des sols halomorphes est très complexes dans les termes inférieurs de la nomenclature car on doit tenir compte des variations de la teneur en sels solubles au cours de l'année, des proportions des différents sels, de la hauteur et de la fluctuation des nappes. Les sols et leur végétation ont été étudiés de façon très détaillée par notre excellent collègue G. NOVIKOFF. Pour plus de détails on se référera donc aux travaux de cet auteur, qui demeurent encore malheureusement inédits, pour la plupart.

383-13. — *Classe des sols hydromorphes*

Les sols hydromorphes sont représentés en Tunisie méridionale par des sols à encroûtement, des sols tirsifiés, rarement par des pseudo gley. Les tirs, si abondants au Maroc, sont ici tout à fait exceptionnels. A. FOURNET a signalé près de Gafsa des sols se rapprochant des tirs.

Ordre des sols à encroûtements de nappe.

Presque tous les sols hydromorphes que nous avons observés en Tunisie méridionale appartiennent à cet ordre; la plupart d'entre eux présentent un encroûtement gypseux ou calcaro-gypseux.

Groupe des encroûtements gypseux

Ces sols, pauvres en sels solubles à la partie supérieure, contiennent des concrétions et encroûtements au-dessus du niveau de la nappe permanente. Les concrétions plus ou moins indurées sont connues sous les noms locaux de Deb-Deb et de Ras Keb (tête de chien); elles contiennent 20 à 50 % de gypse. On note parfois plusieurs niveaux encroûtés témoins de l'abaissement progressif de la nappe durant le Quaternaire. On note au contact de la nappe des taches et traînées colorées en jaune rouille et gris-vert par les oxydes ferriques et ferreux libérés.

Sous-groupe des encroûtements à intumescences

Un sous-groupe particulier est formé par les encroûtements de nappe à intumescences. Il s'agit d'un encroûtement de gypse pulvérulent qui se manifeste en surface par des excroissances analogues à des taupinières pouvant atteindre 20 à 50 cm de hauteur et 20 à 50 cm de diamètre. Nous avons observé ces sols au sud du Chott Djerid. R. COQUE (comm. verb.) en a observé dans la région du Chott Rharsa. Il semble que ces intumescences se forment au collet de certaines plantes comme *Limoniastrum Guyonianum* par évaporation des solutions du sol le long des racines, au-dessus d'une nappe peu profonde : 50-100 cm et particulièrement riche en sulfates.

Ordre des encroûtements et carapaces de bas-fonds

Groupe des encroûtements et carapaces gypseuses de transport

Ce type d'encroûtement est en réalité une carapace gypseuse; elle se forme seulement en zone saharienne. Il s'agit d'un grès gypseux dur et vibrant à structure vacuolaire à caverneuse souvent déchiqueté en yardangs ou en alvéoles par l'action différentielle de la corrasion sur

les parties les plus tendres de la carapace. La genèse de cette carapace s'explique de la façon suivante : lors des importantes chutes de pluies, l'eau ruisselle sur les regs pulvérulents riches en sulfates et en carbonates, dissolvant une partie de ceux-ci et en entraînant une autre partie en mélange avec du sable. Les eaux de ruissellement se concentrent dans les bas-fonds où elles s'évaporent laissant sur place un mélange de sable, de sulfates et de carbonates qui se durcit par évaporation, sous l'action intense de la radiation solaire.

Ordre des tirs

Groupe des sols tirsifiés

Ce sont des sols hydromorphes de couleur noirâtre à texture moyenne ou fine; ils sont très rares. Nous avons observé un seul profil de ces sols, dans la région de Gabès. A. FOURNET (1958) en a signalé une petite surface près de Gafsa.

Ordre de gleys

Les sols hydromorphes à gley sont également rares et très localisés le long de certains oueds autour de mares d'eau plus ou moins pérennes (Rhedirs). On peut distinguer des gleys et des pseudo-gleys suivant l'intensité de l'hydromorphie. Les premiers se caractérisent par une hydromorphie permanente et les seconds par une hydromorphie temporaire. La végétation caractéristique de ces sols est formée de *Juncus*, *Scirpus*, *Phragmites*, etc., à l'exclusion des espèces halophiles.

383-2. — Etage des sols non évolués

Cette unité groupe les substrats édaphiques sur lesquels l'action du climat et de la végétation n'ont pas encore différencié une évolution morphologique perceptible du profil par rapport à la roche mère. L'absence d'évolution pédologique peut être due soit à une modification mécanique récente de la roche soit à l'action du climat. On distingue par conséquent les sols bruts non climatiques des sols brutes climatiques.

Classe des sols bruts non climatiques

Ces sols sont souvent qualifiés d'azonaux parce qu'indifférents aux conditions climatiques et non liés par conséquent à certaines zones. Le terme est discutable car les exceptions à la loi de zonalité deviennent de plus en plus fréquentes à mesure que sont mieux connus les sols de l'ensemble du globe (ex. : podzols tropicaux, signalés par LENEUF en Côte-d'Ivoire). Les sols bruts non climatiques résultent d'une modification mécanique provoquée par l'érosion. On distingue donc les sols d'apport et les sols d'érosion.

Ordre des sols d'apport

Ce sont des sédiments actuels dont la mise en place peut se faire par deux processus différents : le transport par le vent et le transport par les eaux. On distingue alors les sols d'apport fluviatiles et les sols d'apport éolien.

Groupe des sols d'apports fluviatiles

Suivant la distance à laquelle ont été entraînés les sédiments, donc suivant leur degré de brassage et leur homogénéité on distingue les sous-groupes des colluvions et des alluvions.

Les colluvions proviennent d'une zone érodée proche, ils sont mal triés et de nature lithologique plus ou moins homogènes : ce sont des alluvions de piedmont.

Les alluvions ont subi un transport plus important; contrairement aux colluvions, ils sont stratifiés le long des profils longitudinaux des vallées. Chaque lit de la stratification possède sa granulométrie propre, homogène. Cette stratification résulte de deux causes principales : 1) la granulométrie de chaque laisse alluviale dépend de l'intensité de la crue qui lui a donné naissance; 2) dans les bassins versants à lithologie bien contrastée les laisses alluviales peuvent provenir de massifs différents suivant l'intensité des précipitations dans les divers massifs du bassin versant. Dans le Sud tunisien les crues en provenance des massifs du Trias moyen surtout gréseux donnent des alluvions plus grossières que celles en provenance des massifs du Jurassique et du Crétacé, principalement marno-calcaires. Par conséquent lorsqu'un système hydrologique sera alimenté par ces deux catégories de massifs; la stratification alluviale reflètera l'intensité relative des précipitations sur les deux massifs à chaque crue.

De façon générale les colluvions et alluvions de la Tunisie méridionale présentent une texture grossière à moyenne; elles sont riches en calcaire, parfois en gypse; leur pH est presque toujours supérieur à 7,5. Il semble que de façon générale la texture soit relativement plus grossière dans les lits les plus récents. L'évolution pédologique des alluvions et colluvions semble conduire à des sols bruns subdésertiques en Tunisie du sud.

Groupe des sols d'apport éolien

Sous-groupe des dunes

Les alluvions éoliennes sont généralement localisées le long des oueds et à la périphérie des sebkhas dans la zone non désertique. Elles se forment lors de la reprise par le vent des laisses abandonnées dans les lits majeurs des oueds.

Sous-groupe des voiles et placages éoliens

Constituent un revêtement de sable éolien de faible puissance — quelques centimètres à un mètre — d'âge actuel au subactuel et qui recouvre des substrats très divers dans la partie méridionale de la Djeffara et au contact de la zone proprement saharienne.

Sous-groupe de Nebkas

Les nebkas sont formées par accumulation éolienne autour d'un végétal ligneux qui s'exhausse et fixe le sable au fur et à mesure que celui-ci s'amoncelle. Ces nebkas peuvent atteindre 2-3 m de haut et 10-20 m de diamètre et se rencontrent principalement dans les plaines alluviales.

Ordre des sols d'érosion hydrique

Groupe des lithosols

Ce sont des sols érodés sur roche mère. Parfois celle-ci affleure à près de 100 %; le sol est alors localisé dans les fentes et diaclases de la roche; ils sont alors riches en matière organique et l'on y note même le développement d'espèces nitrophiles.

Groupe des régosols

Il s'agit de sols érodés sur une roche mère meuble. L'érosion est alors du type ravines (GULLEY E.). Dans les marnes on observe souvent des niches de décollement et des phénomènes de solifluxion.

Sous-groupe des loess érodés

Dans les Matmatas et dans le Djebel Nefousa, en Libye une roche d'un type particulier : un loess calcarogypseux a donné naissance à des sols érodés. Les ravines de ces loess sont particulièrement spectaculaires au point de conférer au paysage un aspect « lunaire » tout à fait analogue aux « Bad Lands » des auteurs anglo-saxons.

Ces loess présentent un profil homogène avec quelques rares nodules calcaires dans la masse et quelques particules très fines de gypse pulvérulent ou très finement cristallisé (à 5 %).

La couleur est jaune-rougeâtre (5 YR 6/6). La consistance est très ferme à l'état sec et grasse, savonneuse à l'état humide. La puissance de ces loess peut atteindre 20 m; la teneur en calcaire est de l'ordre de 20 % et l'on ne note jamais de « poupées ».

Classe des sols bruts climatiques

Ordre des sols désertiques

Les sols bruts climatiques du Sud tunisien se classent tous dans l'ordre des sols désertiques. Ils se caractérisent par la prédominance presque exclusive des processus de désagrégation physique sur les phénomènes altération chimique. Le facteur essentiel de différenciation est le vent. On distinguera par conséquent :

- les sols non ou peu soumis au vent;
- les sols bruts d'ablation;
- les sols bruts d'accumulation.

Groupe des sols de hammadas

Les hammadas sont des surfaces structurales nettoyées par la déflation et la corrosion où des microsols se développent dans les diaclases et anfractuosités de la roche dénudée (généralement un calcaire dur) à l'abri des actions éoliennes.

Groupe des sols d'ablation éolienne

Ce sont les regs; ils peuvent être autochtones ou allochtones (MONOD, 1937).

Sous-groupe des regs autochtones.

Ils se forment par désagrégation d'un substrat géologique en place ou d'une croûte calcaire quaternaire. Les éléments sont repris par la déflation et la corrosion. Ces regs se caractérisent par des éléments plus ou moins anguleux.

Sous-groupe des regs allochtones

Ils se forment à partir d'alluvions fluviales mises en place au cours d'un cycle morpho-climatique précédent. Ces alluvions sont reprises par l'érosion éolienne. Ces regs se distinguent

par leurs éléments arrondis, émoussés; ils occupent d'anciennes terrasses d'oueds tertiaires ou quaternaires, des plaines alluviales, des dayas, etc. On distingue les regs allochtones :

- PIERREUX,
- SABLEUX,
- PULVÉRULENTS.

FAMILLE DES REGS PULVÉRULENTS

Ils sont formés de calcaires ou de gypses pulvérulents, à structure vacuolaire, soufflée, protégés par une pellicule de sable grossier et de cailloutis. C'est le « *Fech-Fech* » si redouté des conducteurs sahariens.

Groupe des sols bruts climatiques d'accumulation

Les accumulations de sable s'effectuent de plusieurs manières qui permettent de distinguer les sous-groupes suivants :

Voiles et placages qui sont des accumulations uniformes, planes de faible épaisseur.

Micro-dunes sont des flèches de sable formées derrière un végétal et affectant la forme d'une petite barkhane de quelques dizaines de centimètres.

Nebkas : petites dunes fixées par un arbuste.

Barkhanes : Ce sont des dunes en croissant, très mobiles, de petites tailles (2-20 m de long sur 1-2 m de haut).

Cordons dunaires : Ce sont de grandes rides dunaires atteignant plusieurs dizaines de mètres de haut, orientées généralement N-S dans le Grand Erg et souvent liées à un squelette rocheux de « gours » (Buttes-témoins).

Oghourds : Ces dunes sont constituées par les interférences des cordons : elles affectent une forme pyramidale et peuvent dépasser 100 m de haut.

383-3. — Etage des paléosols

Il s'agit de formations pédologiques différenciées au cours du Quaternaire, principalement au cours des périodes pluviales plus au moins contemporaines des glaciations décrites par PENCK et BRÜCKNER en Europe.

Sous-étage des paléosols évolués

Ceux-ci comprennent essentiellement en Tunisie méridionale des paléosols calcimorphes et hydromorphes.

Classe des paléosols calcimorphes

On distingue dans cette classe des paléosols *calcarimorphes* riches en carbonate de calcium et des paléosols *gypsomorphes* (35) riches en sulfate de chaux. Les paléosols calcarimorphes, surtout les gypsomorphes sont souvent confondus avec les sols gris subdésertiques (sierozem).

(35) Note ajoutée en cours d'impression : cette distinction établie par nous en 1959 puis en 1960 a été reprise en 1961 par RÖDERER et BUREAU pour leur propre compte (*Bull. A.F.E.S.*, n° spéc., pp. 150-176).

Ordre des paléosols calcarimorphes

Cette catégorie de sols est surtout représentée par des croûtes calcaires dites zonaires qui peuvent être ici d'âge Villafranchien ou Tensiftien. Cette croûte correspond à la *croûte saumon à Hélicidés* des anciens géologues.

L'âge et la genèse des croûtes calcaires ont été discutés plus haut (cf. *supra*, Géologie, *sub*-Quaternaire). La mise en place de ces croûtes a pu se faire de diverses manières : dépôt des eaux de ruissellement (DURAND); alternances de dissolution et de cristallisation, dépôt de poussières éoliennes consolidées et cristallisées par les pluies et les rosées. L'âge de ces croûtes peut être Tensiftien ou Villafranchien; il est, en tout cas, antérieur à l'Ouljien (Tyrrhénien II).

Les encroûtements calcaires se rencontrent souvent sous les dalles rubannées. En Tunisie centrale et méridionale existent également des encroûtements calcaires plus ou moins friables ou indurés. Ils ne semblent pas pouvoir se former actuellement sans le climat aride et en l'absence de nappes. Il est possible que cet encroûtement se soit développé lors du dernier pluvial (# — 10 000 ans), soit « *per descensum* », soit « *per ascensum* » suivant les conditions topographiques et les possibilités d'existence d'une nappe. Ces deux modes s'observent actuellement; il semble cependant que l'encroûtement *per ascensum* nécessite un climat plus aride car il s'observe actuellement à partir des nappes en zone aride. La formation d'encroûtement *per descensum* ne s'observe guère qu'en climat semi-aride, 400-600 mm (cf. *supra*, *sub* : sols steppiques). En vertu du postulat des causes actuelles, on peut donc émettre l'hypothèse de prédominance de la formation *per descensum* au cours des périodes pluviales et de la formation *per ascensum* au début des phases d'assèchement catapluviales.

Ordre des paléosols gypsomorphes

Cette unité groupe les encroûtements gypseux du Quaternaire moyen ou récent. Ces encroûtements sont très répandus en Tunisie méridionale (cf. *supra* carte géomorphologique). On distingue deux types principaux : les encroûtements pavimenteux et les encroûtements pulvérulents.

Groupe des encroûtements pavimenteux

Ils sont localisés dans la région des chotts : Gafsa, Tozeur, Kebili, etc. Il s'agit d'un grès à ciment gypseux dosant 60 à 90 % de $\text{SO}_4 \text{Ca} 2\text{H}_2\text{O}$. Ainsi que l'a montré R. COQUE (1955) ce grès a été mis en place sur les pédiments de la région des chotts par l'action éolienne à partir des particules arrachées par la déflation aux langunes post-tyrrhéniennes du Djérid, du Rharsa et du Fedjej.

Dans ce matériau se sont différenciés secondairement des fentes de retrait qui délimitent des prismes de 20 à 50 cm de diamètre qui déterminent en surface une polygonation régulière d'où le nom d'encroûtements pavimenteux. L'épaisseur de l'encroûtement atteint couramment 50 à 100 cm; le matériau est parfois suffisamment cohérent pour servir de matériau de construction dont usent les bédouins.

Groupe des encroûtements pulvérulents

Ce type d'encroûtement est probablement plus récent que le précédent. Il est encadré par des niveaux à industrie mésolithique : Ibero maurusien sous l'encroûtement (oued Akarit) et Caspien en surface (Oudref). On peut donc en déduire qu'il a été formé probablement

à la fin du pluvial Grimaldien (= contemporain de la glaciation würmienne). Ce type d'encroûtement est plus généralisé que l'encroûtement pavimenteux : il est particulièrement abondant dans la Djeffara entre Gabès et Médenine, où il affleure sur de grandes surfaces. Il surmonte parfois un encroûtement ou une croûte calcaire; on n'observe jamais l'inverse. La genèse de cet encroûtement ne peut guère s'expliquer par les actions éoliennes, sauf cas particuliers. Il semble qu'il s'agisse le plus souvent de migration capillaire par évaporation. Le substrat est presque toujours riche en gypse cristallisé et en roses des sables (marnes et limons Pontiens ou Vindoboniens). Dans les cuvettes on peut penser à une formation de nappe; enfin on constate des encroûtements lagunaires caractérisés par une structure poreuse, vacuolaire et par la présence de tests de mollusques tels *Cardium edule*; ces encroûtements lagunaires sont toujours situés à des cotes inférieures à 40 m.

Classe des paléosols hydromorphes

Des paléosols tourboïdes ont été observés à la limite de la région saharienne (Bordj le Bœuf, Djeneien). Ce sont les « *sols de gueltas* ». Ils montrent des couches noirâtres où les grains de sable sont enrobés d'une très fine pellicule de matière organique. Sa partie supérieure est souvent recouverte d'un travertin riche en débris végétaux incrustés. Un des sols de gueltas que nous avons étudié dans la région de Bordj le Bœuf contenait une industrie microlithique à lamelles proto Ibéromaurusienne. La nappe phréatique est actuellement à — 20 m sous cet ancien sol tourboïde.

CONCLUSION SUR LES SOLS

Telles sont les principales catégories de sols de la Tunisie méridionale. Les caractères dominants sont pour la zone aride : l'extension des croûtes et encroûtements quaternaires calcaires et gypseux qui fossilisent les glacis d'érosion; l'extension des sols salins, principalement des Solontchacks; l'évolution des sédiments récents vers un sol brun sub-désertique à horizon de nodules calcaires au calcoro gypseux profond. La zone désertique se caractérise par l'absence de sols évolués, hormis les encroûtements de nappes limitées à de petites zones autour des oasis. Les sols désertiques sont donc des sols bruts climatiques, pour la plupart, ils sont les fils du vent. Lorsque la déflation l'emporte sur l'accumulation on parle de regs et de hammadas; dans le cas inverse il y a formation de dunes, de voiles et de placages sableux.

Qu'il s'agisse de la zone aride ou de la région désertique, la vie tend à se concentrer dans les sédiments récents, les dépressions non salées et le long du réseau hydrographique.

39 A. — LE PASSE

39 A 1. — LES DONNEES DE LA PREHISTOIRE (36)

Les premiers vestiges préhistoriques connus remontent au **paléolithique inférieur**, plus précisément à l'Acheuléen final ou Micoquien (— 150 000 ?). Ce sont les gisements de Gafsa et de Sidi Zin (près du Kef). Sur les auteurs de ces vestiges on ne sait rien sinon qu'il s'agit d'homininiens (Sinanthropiens, Atlantropes de Ternifine ou Néanderthaliens ?) contemporains de la première transgression tyrrhénienne, donc de l'interpluvial Riss-Würm.

Au paléolithique moyen, les tribus moustériennes ont connu les dernières laisses de la mer à Strombes (Sfax, oued Akarit, El Guettar). Les vestiges sont localisés au nord des sources, ce qui semble indiquer un climat aride. Dans les gisements d'El Guettar, étudié par M. GRUET (1950), M^{me} VAN CAMPO (1958) a trouvé des pollens de chêne vert, de pin d'Alep dans les niveaux inférieurs et de cèdres et de genévriers dans les niveaux supérieurs. Le climat était donc moins aride mais plus froid que le climat actuel et probablement voisin du climat actuel des sommets de l'Aurès. Les moustériens-atériens appartenaient à l'espèce Néanderthalienne

Au paleolithique supérieur. La civilisation Atérienne contemporaine du pluvial wurmien (— 12 000 ?) a été très répandue dans le Sud tunisien, elle tire d'ailleurs son nom d'une localité située au nord-ouest de Gafsa, à la frontière algéro-tunisienne : Bir El Ater. Les stations Atériennes se trouvent généralement sur les croupes et endroits bien drainés des régions de Tozeur, Gafsa, Gabès, Feriana, Sbeitla. La flore était une flore humide à *Fraxinus*, *Alnus*, *Corylus*, *Tilia*. L'espèce Néanderthalienne semble s'être éteinte avec les derniers atériens.

Au mésolithique, après la glaciation wurmienne, des envahisseurs, les Ibéro-Maurusiens, venus probablement de l'Est par le rivage des Syrtes refoulèrent les derniers atériens. Ces Homo-Sapiens, frustes cousins de l'homme de Cro-Magnon présentaient des caractères archaïques par rapport à ce dernier. C'était un être de grande taille, au masque bestial, à la musculature puissante qui vivait en nomade des produits de la chasse et de la cueillette. Il semble que ces Ibéro-Maurusiens (ou, mieux, Mouilliens) aient pu survivre jusqu'à l'époque historique, vivant en marge des influences néolithiques dans les forêts du Tell. E. GOBERT (1952) a admis l'hypothèse qu'ils aient pu pratiquer le troc avec les premiers navigateurs phéniciens ainsi qu'autorisent de le croire les vestiges d'Ouchtata.

Peut-être est-ce à eux que SALLUSTE pensait en décrivant les premiers occupants de la Numidie : *Asperi incultique ... uti pecoribus ...*

Il semble que le climat ait été moins aride, que le climat actuel à l'époque où les Ibéro-maurusiens occupaient la Tunisie méridionale. En effet, nous avons trouvé une industrie à

(36) D'après E. GOBERT, L. BALOUT, R. VAUFREY et R. COQUE.

lamelles de l'Ibéro-Maurusien I dans un paléosols tourbeux à Bir Nogui entre Bordj le Bœuf et Remada. Il pleut actuellement 100 mm dans cette région. L'analyse pollinique de ce gisement est en cours, elle permettra peut être de se faire une idée de la végétation de la fin du wurmien dans l'Extrême Sud tunisien.

Les Ibéro-Maurusiens furent peu à peu refoulés vers le Nord par de nouveaux venus plus ou moins négroïdes : les Capsiens. L'expansion Capsienne marquée par les escargotières (les Rammadyat) semble s'être faite vers le Nord-Ouest et le Sud-Est. Les Capsiens constituaient déjà une ethnie protoméditerranéenne qui a subi des afflux successifs de néolithiques de race blanche. Il semble que de l'évolution de l'ensemble soit né le groupe ethnique berbère ou libyque.

Les Capsiens vécurent principalement dans les plaines fermées de l'atlas saharien dont ils occupaient les points défensifs, les sources et les cuvettes plus ou moins marécageuses. Ils connurent les forêts de pin d'Alep, de genévrier de Phénicie et de chêne vert qui subsistent encore dans certains points de la dorsale tunisienne et qui semblent avoir couvert le Sud il y a 8 000 ans. Les Capsiens vivaient du ramassage des escargots (Cochlophagie) et de la cueillette et de la chasse. Il semble que l'atmosphère sociale ait été empreinte de religiosité barbare et de magie comme en témoignent certains rites de mutilation tels que l'avulsion dentaire.

Le Néolithique

Les apports successifs des civilisations néolithiques trouvèrent donc un terrain préparé chez des hommes qui, s'ils n'utilisaient pas la poterie, connaissaient l'usage de l'œuf d'autruche à des fins similaires. L'agriculture succéda naturellement à la cueillette, mais la domestication des animaux semble avoir été plus tardive, les hommes néolithiques de tradition caspienne (Néolithique I) ont d'abord vécu dans des stations de plein air comme leurs prédécesseurs Capsiens. Plus tard, il se réfugièrent dans les grottes (Néolithique II).

Ces hommes des grottes étaient de race blanche et non plus négroïdes comme les Capsiens; ils conquièrent tout l'ancien Maghreb pourchassant les derniers survivants des hommes de Mechta el Arbi (Ibéro-Maurusiens). Ils disposaient d'un outillage osseux, connaissaient la céramique et pratiquaient la peinture rupestre. Parallèlement à ce néolithique Maghrebien des cavernes se développa, au Sahara, une civilisation d'archers et de pasteurs doués d'une adresse technique et artistique particulièrement brillante. Le néolithique saharien s'étage de — 4000 à — 2000 (av. J.-C.), c'est-à-dire jusqu'à l'apparition du cheval au Sahara. Le Capsien typique s'est développé de — 8000 à — 4000, le néolithique de tradition caspienne de — 4000 à — 1000. En Egypte le néolithique s'achève à — 5000 avec la monarchie unifiée d'Héliopolis ce qui justifie la vigoureuse expression de « trainard maghrebien » appliquée par E. F. GAUTIER aux libyco-berbères néolithiques.

Ce trainard envahit cependant l'Egypte à plusieurs reprises et la XXII^e dynastie (— 950) fut même fondée par un libyen. C'est probablement sous l'action de ces conquérants libyens que l'influence égyptienne pénétra chez leurs frères attardés du Maghreb.

Quoiqu'il en soit, le pays capsien n'a perçu qu'un écho assourdi de la brillante civilisation saharienne. Cette extension vers le nord du néolithique saharien semble impliquer une dernière récurrence humide, en provenance du Sud, dans le désert actuel. Cette extension serait en accord avec la séduisante hypothèse du balancement climatique de marges sahariennes de L. BALOUT (1952) et avec les observations actuelles de J. DUBIEF (1951).

Cette récurrence humide n'aurait sans doute pas dépassé le Sahara septentrional. En effet, les *rammadiyat* caspiennes de surface ne semblent pas avoir subi l'action de climats très humides qui eussent délavé les cendres et emporté les éléments légers comme c'est le cas dans les stations préwurmienne. Nous n'avons nous même jamais observé de néolithique saharien au nord des Chotts, alors que les vestige de cette industrie se rencontrent souvent dans les Dahars.

39 A 2. — LES DONNEES HISTORIQUES (37)

Vers — 800, les premiers marins de Tyr accostèrent sur les rivages des Syrtes et vers le v^e siècle avant l'ère chrétienne se fondèrent les premiers emporia phéniciens. Les principaux emporia furent Tacapas (Gabès), Thaenae (Thyna près Sfax), Yonga (près Maharès), Gighti (Bou-Grara) et Henchir Zian (près de Zarzis). Qu'échangèrent les phéniciens contre les produits de l'élevage et de la chasse que pouvaient leur apporter les libyens ? Probablement des objets artisanaux, poteries, étoffes, objets de bronze et peut être déjà de fer...

On sait, par HÉRODOTE, que les Maxyes, les Zauèces et les Gyzantes habitaient la région du lac Triton (Le Djerid) au v^e siècle avant J.-C., HÉCATÉE distingue, vers — 500, les libyens cultivateurs et mangeurs de blé de la future byzacène des libyens nomades mangeurs de viande et buveurs de lait qui vivaient plus au Sud. Ce sont les phéniciens qui ont ouvert les africains à la civilisation méditerranéenne : ils leurs auraient, en particulier, appris l'arboriculture et l'oléiculture. Il semble que l'influence des phéniciens et des premiers carthaginois se soit localisée à une mince bande littorale; mais du temps des magonides, l'extension des carthaginois semble s'être accentuée vers l'intérieur avec des soucis de mise en valeur. L'agronome MAGON ne conseillait-il pas d'espacer les oliviers de 75 pieds (22 m 20); ce qui représente, à peu près, l'espacement idéal dans la région sfaxienne. Cependant, l'agriculture s'est longtemps limitée à la culture des céréales et ne semble guère s'être éloignée de la côte car l'intérieur du pays était occupé par les nomades Gétules plus pasteurs que cultivateurs.

A cette époque, l'arrière-pays devait être en partie couvert de forêts car les bêtes sauvages y abondaient. Le lion, la panthère, la hyène, le lynx, le cerf, l'autruche, la gazelle et l'éléphant étaient communs. L'éléphant est cité à plusieurs reprises par les auteurs les plus sérieux tels PLINIE l'ancien : « *Elephantos fert Africa ultra Syrticas solitudines* »; POLYBE : « *la Libye est pleine d'éléphants* »; de même HANNON, HÉRODOTE, ARISTOTE, STRABON, JUVENAL, LUCIEN, etc... Stéphane GSELL, se basant sur un texte de PLINIE situe des éléphants dans les Matmatas et le Djebel Nefousa : « Pour aller de la province d'Afrique à la petite Syrte il faut traverser des déserts de sables infestés de serpents, viennent ensuite des « Saltus » (maquis) pleins d'un grand nombre de bêtes sauvages et, plus à l'intérieur, des solitudes où vivent les éléphants et au-delà les Garamantes qui sont éloignés des Augiles de 12 journées de marche ».

Une fraction des Fraichiches qui habite encore la haute steppe entre Feriana et Bir El Hafey ne s'appelle-t-elle pas les Affiales (ce qui veut dire : le clan des éléphants) ? Il n'est donc pas douteux que l'éléphant ait vécu dans la Tunisie centrale et les Matmatas à l'époque carthaginoise et au début de l'occupation romaine. D'ailleurs n'est-ce pas l'éléphant Gétule cher à DE HÉRÉDIA qui porta « le Chef Borgne » jusqu'aux rives du lac Trasimène ?

(37) D'après Ch. A. JULLIEN, Ch. COURTOIS, R. LETOURNEAU, E. F. GAUTIER, G. PICARD, R. BRUNSCHWIG, J. PIGNON, J. DESPOIS, St. GSELL.

Les armées puniques, celles de MASSINISSA, puis celles des romains et les jeux du cirque en firent une grande consommation, si bien qu'au VII^e siècle ISIDORE DE SÉVILLE pouvait écrire : « La Maurétanie Tingitane fut autrefois pleine d'éléphants; maintenant l'Inde seule en produit ». Le fait, nous paraît très important; il prouve l'existence de forêts et de cours d'eaux permanents dans le Centre et les Matmatas. Il est hors de doute qu'actuellement l'éléphant périrait rapidement de soif et de faim au pays des Gétules et des Libyens.

L'occupation romaine trouva donc, d'une part, des agriculteurs libyens sur la côte et des pasteurs gétules dans l'intérieur. A l'arrivée des romains, les agriculteurs libyens pratiquaient déjà l'arboriculture et l'irrigation que leur avaient appris les agronomes carthaginois. PLINE écrit dans son histoire naturelle (XVIII) : « au milieu des sables de l'Afrique, du côté des Syrtes et de la Grande Leptis, est une ville nommée Tacapae (38), dont le territoire est d'une fertilité qui semble tenir du prodige et qui est dû à un excellent système d'irrigation... C'est là qu'on voit croître au-dessous d'un grand palmier, un olivier, au-dessous de l'olivier un figuier ... »

Rome n'eut donc qu'à étendre l'expérience punique. La paix romaine sera peu troublée du I^{er} au V^e siècle en Tunisie méridionale, à part quelques révoltes telle celle des Musulames dirigée par TACFARINAS ou celle des Nasamonds mâtée par FLACCUS en 86 (ap. J.-C.).

L'armée romaine occupait le pays en permanence depuis le règne de Tibère. Vers cette époque furent construites les routes fortifiées reliant Tacapae (Gabès) à Ammaedara (Haidra) ou fut établie la célèbre Légion III^e Augusta qui pendant quatre siècles allait défendre le *Limes*. Sous VESPASIEN fut construite la route Tacapae-Leptis Magna qui reliait ainsi les deux extrémités de la Djefara.

C'est après l'écrasement des Nasamonds que commença, sous TRAJAN (98-117) l'édification du *Limes*. Le camp de la III^e Augusta fut transféré à Théveste et, sous HADRIEN, le *Limes* s'étendit depuis l'Atlas saharien jusqu'à Leptis Magna. Le *Limes* passait au sud de Gafsa, traversait le Chareb à Bir oum Ali, le Tebaga et longeait le Djebel à l'ouest. Les principales garnisons semblent avoir été Capsa, Turrus Tamellani (près de Kebili), Bezereos (Bir Rhézene), Tibubuci (Ksar Tarcine), Tistavar (Ksar Rhilane) ... Cydamus (Rhadamès) fut même occupée temporairement par une garnison romaine.

La garde du *Limes* fut d'abord confiée à la III^e Augusta, puis à des colons-soldats : les « *Limitanei* » pour la plupart anciens légionnaires nés dans le pays qui recevaient un lot et devaient en retour entretenir les ouvrages du *Limes* et le défendre. Il semble que la mise en valeur du Sud fut surtout l'œuvre des *Limitanei*. Comme Carthage, Rome avait ses ingénieurs hydrauliciens : les *Aquilegii*. Au premier siècle, l'agriculture fut consacrée à la production de blé, nécessaire à l'alimentation gratuite de 200 000 citoyens romains et pris en charge par le service de l'Annone. La Byzacène (en gros = le Sahel), en particulier, fut un important « grenier de Rome ». Au II^e siècle, encouragées par l'administration impériale, se développèrent la culture de la vigne et celle de l'olivier. La prospérité des olivettes semble avoir duré jusqu'à l'invasion arabe, au moins dans la Byzacène.

De nombreuses terres de colonisation furent distribuées aux vétérans. Cette politique fut, en particulier, celle des Sévères : SEPTIME-S. donnait comme principe de gouvernement à ses successeurs « enrichissez le soldat et moquez vous du reste ... ». Sous TRAJAN, certaines tribus berbères qui ne pouvaient se résigner à la sédentarisation furent « éloignées » pour permettre l'installation de colons. Cette pratique fut accentuée sous les Sévères; mais ce refoulement des berbères vers les Djebels et les steppes sahariennes ne fut pas sans effets

(38) Gabès.

sur la désagrégation de l'empire ainsi que l'ont montré Stéphan. GSELL et E. F. GAUTIER. Les libyco-berbères expulsés au-delà du *Limes* s'organisèrent en confédération; l'apparition du chameau fut leur chance. Les libyens refoulèrent à leur tour les éthiopiens et garamantes : autochtones négroïdes du Sahara. Ces derniers se réfugièrent dans les massifs montagneux : le Tibesti en particulier. Le Maghreb n'eut dès lors plus pour voisins les paisibles éthiopiens qui n'avaient jamais menacé sérieusement les *Limes*, mais des nomades berbères, chameliers, turbulents, toujours aux aguets et prêts à profiter de la première défaillance de l'Empire.

La colonisation romaine marqua son apogée sous la dynastie des Sévères (193-235). Des *pagus* (bourgades) romains furent adjoints aux *civitas* berbères qui furent ainsi romanisées peu à peu et intégrées par l'attribution de la citoyenneté romaine aux autochtones romanisés. La culture de l'olivier fut la plus florissante du monde méditerranéen et de nombreux vestiges en témoignent encore dans maints endroits aujourd'hui déserts telle l'huilerie de Henchir el Kreroua à 30 km au sud-ouest de Gabès. Les archéologues et les agronomes s'accordent sur le chiffre de 1 300 000 hectares de plantations pour l'ensemble du Centre et du Sud tunisien. La propriété agricole était divisée en *saltus* impériaux, *saltus privati*, territoires de cités et lots des paysans.

Les *Saltus* impériaux étaient affermés soit à des particuliers, soit à des compagnies qui à leur tour les donnaient en métayage à des colons, généralement berbères. Les colons sont groupés en villages (les « *vici* ») sur le domaine ou dans le voisinage. Ces villages acquirent la personnalité juridique et parvinrent parfois au rang de cité.

Les impôts étaient collectés par les « *conductores* » qui louaient eux-mêmes des terres non assignées.

Les *saltus privati* (domaines privés), appartiennent à des Landlords africains qui ne vivaient pas sur leurs terres. Ils ont parfois une organisation identique à celle des *Saltus* impériaux à moins qu'ils ne soient loués à des fermiers ou gérés par des intendants.

Les territoires des cités appartenaient à la bourgeoisie municipale qui faisait cultiver par des intendants. Enfin, les terres des paysans constituaient de petits lots souvent annexés par les *latifundia* voisines; mais il n'était pas rare qu'un agriculteur industriel (*diligens agricola*) ne parvinsse à grossir son lot et occuper une place importante dans la cité.

Enfin, au bas de l'échelle une masse d'esclaves, d'ouvriers agricoles et de colons partiaires pressurés par les *conductores*.

On a souvent opposé l' « *Ager frugum fertilis, bonus pecori arbori infecundus* » de SALUSTE (*Bellum jugurthinum*, XVII), à la forêt d'olivier qui, selon les auteurs arabes, permettait de se rendre de Tripoli à Tunis en marchant à l'ombre. L'opposition est, en effet, frappante et montre bien que la mise en valeur arboricole date de l'Empire, la République ayant seulement favorisé la culture du blé.

Après la chute, en 238, du dernier des Sévères (Alexandre) et la dissolution de la III^e Augusta, les espoirs des tribus berbères se raffermirent; la décadence était amorcée. Les villes durent se fortifier et les colons assurer leur propre défense.

L'arrivée des Vandales à Carthage, en 440, ne changea pas grand'chose en Byzacène : les conquérants restèrent dans le Nord, laissant les occupants cultiver les terres; mais l'ancien *Limes* ne fut plus défendu et les pillards tripolitains du Gabaon étendirent leur souveraineté jusqu'à Gafsa. Un nouveau *Limes* fut alors édifié au Nord des Chotts.

Sous la domination byzantine (534-698) les incursions et *razzia* berbères s'accrochèrent, mais l'anarchie berbère permit aux gréco-romains de tenir plus d'un siècle par leurs propres moyens, car Byzance en proie à des difficultés en Orient ne les secourait plus guère. C'est

alors qu'apparurent les cavaliers de l'Islam. La première bataille eut lieu à Sbeitla en 648; elle vit la défaite du Patrice Grégoire. La résistance viendra dès lors des berbères, mais Carthage est conquise en 698. Les descendants des gréco-romains et des berbères conserveront leur religion et leur langue jusqu'au ^{xr} siècle. Ils auront ensuite à choisir entre la conversion et la mort.

Au cours de la conquête arabe, beaucoup d'habitants chrétiens ont fui par mer, d'autres furent emmenés captifs en Orient. A partir de 740, les insurrections se multiplièrent chez les berbères pour qui le Kharijisme fut une excellente occasion de combattre l'envahisseur, d'où les épisodes de KOSAÏLA et de la KAHINA.

Vers 1057, les invasions de bédouins Beni Hilal puis Beni Solaïm, achevèrent de ruiner un pays déjà fort éprouvé.

Après un intermède normand de 1148 à 1160, s'institua l'état « barbaresque » dont la piraterie fut le plus clair des ressources. Les rivalités hispano-turques, 1535-1574, se soldèrent par la victoire Ottomane qui consacra l'état de chose antérieur jusqu'en 1881.

La végétation de la Tunisie méridionale a donc une longue histoire; il semble que les coups les plus funestes lui furent portés sous la paix romaine et depuis 1881.

Durant ces deux périodes une très forte pression démographique, conséquence de la paix et de la mise en valeur, vit la ruine progressive du tapis végétal. Les troupeaux chassés par les cultures envahirent les Djebels et les steppes subdésertiques du Sud. Les forêts disparurent et la désertisation en fut le tribut, car il n'est pas douteux pour nous que la désertisation ait eu deux époques privilégiées : l'occupation romaine et la période actuelle.

Nous verrons, en étudiant la végétation, que de solides arguments ne manquent pas qui nous permettent d'affirmer que, dans le cas du Sud tunisien, c'est l'homme qui a créé le désert, le climat n'a été qu'une circonstance favorable.

39 B. — LE MILIEU HUMAIN — L'OCCUPATION DU SOL

L'on peut diviser la population du Sud tunisien en quatre groupes ethniques : les berbères du Djebel, les arabes de la steppe, les djerbiens, les négroïdes et les israélites; chaque groupe est strictement endogame.

39 B 1. — LES VILLAGES BERBERES sont exclusivement localisés dans le massif des Matmatas et son prolongement méridional oriental le Djebel.

Le Berbère du Sud tunisien présente souvent les caractères suivants : taille moyenne, à petite, yeux clairs, souvent bleus, cheveux blonds ou roux, peau claire, souvent parsemée de tâches de rousseur. Cette population de caractère indépendant a souvent donné des mécomptes au pouvoir central quel qu'il fût.

Leur habitat est également très original, ils vivent habituellement en troglodytes (d'où l'appellation monts des troglodytes, parfois donnée aux Matmatas).

Les villages sont de deux types. Dans la partie méridionale les habitations s'alignent à flanc de côteaux, creusés dans les marnes, au-dessous d'un calcaire dur formant toit (dalle Kimmeridgienne ou banc calcaire dolomitique Cénomane); il existe parfois aussi 2 ou 3 étages superposés séparés par un intervalle ou s'amoncelle le fumier des animaux (Alfa) dont les accumulations centenaires font plateforme à l'entrée des grottes et corniches au-dessus de l'étage inférieur.

Dans la partie septentrionale, et principalement autour du village de Matmata, les agglomérations sont d'un autre type, les habitations sont creusées dans un Loess quaternaire autour d'un puits central vertical, formant cour et sur lequel débouchent les chambres souterraines.

Comme l'a très justement souligné Ch. DOMERGUE (1952) en des régions aussi éloignées que la Chine et le Sud tunisien, les autochtones utilisent les caractères identiques du Loess à des fins similaires.

La population Berbère est laborieuse, elle a mis en valeur de façon admirable une région ingrate : chaque thalweg est barrée d'une infinité de barrages en pierres sèches (40), souvent très judicieusement calculés (larges déversoirs) et derrière lesquels le limon s'accumule. Derrière chaque barrage est donc constitué un petit jardin où l'on trouve surtout des oliviers avec quelques figuiers et parfois des palmiers.

Le Berbère s'expatrie volontiers pour un certain temps et pratique dans le Nord un certain nombre de petits métiers qui aident les familles à subsister au village, la tradition a créé ainsi une ou plusieurs spécialités dans chaque village. Les habitants de Ghoumrassen sont marchands de beignets dans toute l'Afrique du Nord. Les habitants de Chenini sont marchands de journaux à Tunis; ceux de Douiret se font portefaix aux halles, etc...

L'économie domestique est fondée sur 3 sources de revenus; les mandats des membres de la famille expatriés, le produit des oliviers, les produits des troupeaux (chèvres et moutons) que les jeunes gens paissent dans les Dahars.

39 B 2. — LA POPULATION ARABE peut se diviser en trois parties : les agriculteurs des oasis, les semi-nomades de la steppe aride et les grands nomades sahariens.

Les agriculteurs des oasis pratiquent le jardinage et l'arboriculture avec un succès et un art variable selon les oasis. Le jardinier de Gabès est de loin le plus industrieux et le plus habile; les débouchés lui font malheureusement défaut, surtout depuis le départ de la population européenne ces dernières années.

Les semi-nomades (39) ont une résidence fixe matérialisée par une maison en « dur » mais font paître leurs troupeaux par des serviteurs. Les troupeaux se déplacent en fonction de l'importance des pluies qui varie chaque année d'une région à l'autre de façon désordonnée. De même, le semi-nomade pratique l'agriculture itinérante; il sème l'orge en diverses régions selon les caprices des précipitations.

Les gens de la Djeffara vont souvent semer jusqu'à 200 kilomètres de leur village. Il est évident que ces emblavures se font par accords réciproques entre fractions, telle fraction va semer chez telle autre lorsque la pluviosité y est favorable, à charge de réciprocité. Le

(39) Les semi-nomades du Sud se distinguent des « transhumants » du centre par le fait que ceux-ci migrent dans le Tell, alors que ceux-là ne quittent pas le Sud.

(40) Les Jessours.

premier qui emblave une parcelle est propriétaire de la récolte moyennant redevance de gardiennage.

L'on voit ainsi de longues colonnes en automne et au printemps se déplacer soit pour les semailles soit pour la récolte. Dans de telles conditions, le Fellah retrouve sa semence une fois sur deux et fait une récolte acceptable tous les cinq ans, une bonne récolte (10 quintaux !) tous les dix ans. Cette agriculture itinérante n'est guère pratiquée ici en dehors de la région de l'Atlas saharien (Nord des Chotts) et la Djeffara.

Le semi-nomade possède également, près de sa maison, quelques oliviers dans les thalwegs.

Les grands nomades sahariens viennent surtout d'Algérie : ce sont les Chambaa du Souf qui ont droit de pâture dans les Dahars et l'Extrême Sud; en Tunisie le nomadisme intégral n'est guère représenté que par les Merazigues du Nefzaoua méridional qui paissent dans le Rherib et les Dahars, ainsi que certaines fractions des Ouerghemma (Médénine, Tatahouine, Ben-Gardane) qui paissent dans l'Ouara et dans les Dahars.

39 B 3. — LES DJERBIENS forment un groupe ethnique d'origine complexe (souche berbère) nettement différente des agriculteurs et des pasteurs du Sud, non seulement par leur origine ethnique, mais par leurs mœurs et même leur religion (Malékites et Kharejistes); certains d'entre-eux sont encore berbérophones.

Ils sont un peu l'équivalent de M'zabites d'Algérie. C'est un peuple moins agriculteur et pêcheur que commerçant et artisan.

Le mot Djerbien est devenu souvent synonyme d'épicier dans le Nord. Les hommes d'une même « famille » se remplacent dans le commerce du Nord, ne revenant au pays que pour se reposer en cultivant l'olivier. Au village de Guellala les hommes exercent à la fois le métier de potier au village et d'épicier dans le Nord, où les frères se relayent pour tenir la boutique.

A Djerba, comme dans les Matmatas, cette pratique de la migration temporaire permet la mise en valeur intégrale du territoire et assure une densité démographique très forte pour la région (100 h/km²).

39 B 4. — LES NEGROIDES sont les descendants des anciens esclaves noirs (les Haratins des oasis, en particulier); ce sont le plus souvent des serviteurs. Certains sont d'introduction plus récente, qu'on ne le pense généralement; ils sont habituellement bien traités, quoiqu'avec condescendance et reçoivent alors une part d'héritage à la mort du père de famille.

39 B 5. — LES ISRAELITES du Sud sont cantonnés dans les principaux centres : Gabès, Djerba, Zarzis, Tatahouine, Médénine, Ben Gardane, etc... Ils sont commerçants, parlent la langue arabe, vivent et s'habillent encore souvent à la manière traditionnelle. Ils sont particulièrement nombreux à Djerba où ils forment deux villages entiers : Hara Kbira et Hara Srira.

39 B 6. — CONCLUSION

Le peuplement humain du Sud tunisien est donc assez varié et souvent d'origine complexe. Les influences phéniciennes sont sensibles sur la côte, notamment à Djerba.

Les divers groupes ethniques ont façonné le paysage végétal au cours des siècles par leur degré de civilisation, leur genre de vie et leur densité démographique.

La dégradation de la végétation est évidemment inversement proportionnelle à la densité de la population. Ainsi l'Extrême Sud et les Dahars offrent une végétation beaucoup moins dégradée que la Djeffara où les précipitations sont cependant deux fois plus importantes. La végétation la plus dégradée botaniquement, correspond aux régions les plus anciennement et les plus densément peuplées : Djerba et les Matmatas.

4

LA VÉGÉTATION

40. — GÉNÉRALITÉS

Nous étudierons la végétation à l'intérieur des grandes unités phytogéographiques définies dans les chapitres concernant la climatologie, la bioclimatologie et la floristique.

Nous distinguerons donc les étages de végétation aride et saharien comprenant chacun deux sous-étages, ceux-ci étant à leur tour divisés en variantes. A l'intérieur de chaque unité phytogéographique et bioclimatique les groupements seront classés par affinités écologiques.

A la fin de l'étude sur la végétation nous tenterons une synthèse et proposerons une classification de la végétation étudiée.

41. — LA VÉGÉTATION DE L'ÉTAGE MÉDITERRANÉEN ARIDE

410. — GENERALITES

Dans son état actuel, la végétation naturelle de l'étage aride du Centre et du Sud tunisiens est une formation steppique. C'est, plus exactement, une steppe à chaméphytes. Nous entendons le terme « steppe » dans son sens le plus compréhensif, c'est-à-dire de formation basse, dépourvue d'arbres, où le sol nu apparaît dans des proportions variables. Cette définition englobe donc celle de la steppe *sensu-stricto* qui est une formation à graminées perennes, cespiteuses à port généralement érigé, dépourvues d'arbres et où le sol nu affleure entre les touffes.

La steppe à chaméphytes est une formation basse, dépourvue d'arbres ou les chaméphytes (généralement ligneux) dominant, et où le sol nu affleure dans des proportions variables. Dans le cas du Sud tunisien, la steppe à chaméphytes et la steppe graminéenne sont deux stades différents qui participent à une même évolution dynamique. A la forêt xérophile, clairière, à *Juniperus phoenicea*, succède la steppe graminéenne mixte à *Stipa tenacissima* ou *Lygeum spartum*; de la dégradation de celles-ci résulte la steppe à chaméphytes.

Certains auteurs ont désigné la steppe à chaméphytes sous le terme : pseudo-steppe. Nous réservons ce terme à une formation différente à base de nanophanérophytes. La

« pseudo-steppe à nanophanérophytes » procède d'un dynamisme différent de celui de la steppe à chaméphytes. En effet, la pseudo-steppe à nanophanérophytes occupe des dayas ou des dépressions sablonneuses et dérive directement d'une formation arborée sans stade intermédiaire à steppe graminéenne. La pseudo-steppe à nanophanérophytes est d'ailleurs plus commune dans l'étage saharien supérieur que dans l'étage aride. C'est, en partie, ce que certains auteurs ont appelé improprement la « lande à Retam ». Le terme « lande » implique un climat tempéré et ne peut donc convenir ici. De même, on a employé le terme « scrubb » pour définir les formations à jujubier du Centre et du Sud. Or le mot « scrubb » désigne par définition des formations denses à épineux. Dans notre cas, ce sont seulement des îlots de scrubb dans une steppe à chaméphytes. Seules les « nebkas » sont couvertes d'une formation dense d'épineux (*Ziziphus*, *Nitraria*, *Calycotome*). Nous proposons donc pour la formation à jujubier du Centre et du Sud tunisiens le terme de « *scrubb steppique* ». Sur les dunes de la partie nord-est du grand Erg oriental existe une formation extrêmement ouverte à *Calligonum* arborescents pour laquelle nous proposons le terme de « *Pseudosylve à Calligonum* ».

411. — SOUS-ETAGE SUPERIEUR

Dans le Sud tunisien le sous-étage aride supérieur est localisé à Djerba, dans la presqu'île de Zarzis, les Matmatas et sur les Djebels de l'Atlas Saharien. L'île de Djerba et la presqu'île de Zarzis sont placées dans la variante à hivers chauds (à la limite de la variante à hivers doux), tandis que les Monts des Matmatas et les Djebels de l'Atlas Saharien se placent dans la variante à hivers tempérés et dans celle à hivers frais.

411-1. — Groupements littoraux

Groupement 1. — Association à *Ononis vaginalis* et *Medicago marina*

I. — Le Milieu

A. — *Aire du groupement*. — Cette association semble localisée sur les côtes orientales de la presqu'île de Zarzis et de l'île de Djerba.

B. — *Topographie*. — Plages basses en pente faible entre 50 et 200 cm au-dessus du niveau moyen de la mer.

C. — *Climat*. — Le climat de ces régions est méditerranéen aride à la limite des sous-climats supérieur et inférieur. Du point de vue thermique elles sont à la limite des variantes à hivers chauds et à hivers doux; l'humidité atmosphérique est toujours élevée dans cette « ambiance » littorale. Le maximum pluviométrique est automnal. La pluviosité moyenne varie de 170 à 200 mm; $M \# 32$; $m \# 7,5$; $25 < Q < 30$.

D. — *Sol*. — Le sol est une plage sablonneuse à sable grossier fortement imprégné de chlorures par les embruns marins, ces sables sont constamment humides.

II. — La végétation

A. — *Physionomie - structure*

Le groupement se présente comme une steppe à chaméphytes très ouverte avec une strate de 5-15 cm formée d'annuelles et de géophytes. La couverture du sol est de l'ordre de 35-50 %.

B. — Diagnose (1)

a) groupe écologique des halophytes littoraux

V ² <i>Ononis vaginalis</i>	IV ² <i>Silene succulenta</i>
IV ² <i>Pancratium maritimum</i>	III ² <i>Beta vulgaris</i> ssp. <i>maritima</i>
V ² <i>Euphorbia paralias</i>	II ² <i>Cakile aegyptiaca</i>
IV ² <i>Medicago marina</i>	

b) groupe écologique de gypso-halophytes

V ² <i>Aeluropus litoralis</i> ssp. <i>repens</i>	II ¹ <i>Limoniastrum monopetalum</i>
III ¹ <i>Nitraria retusa</i>	II ¹ <i>Zygophyllum album</i>
	II ¹ <i>Reaumuria vermiculata</i>

c) groupe écologique phréatophile

III ¹ <i>Phoenix dactylifera</i>	I ² <i>Euphorbia peplis</i>
	I ¹ <i>Scirpus Holoschoenus</i>

d) groupe écologique de psammophytes littoraux

V ² <i>Launaea reseifolia</i> ssp. <i>viminea</i>	III ² <i>Agropyron junceum</i> ssp. <i>mediterraneum</i>
V ² <i>Sporobolus virginicus</i> var. <i>arenarius</i>	III ² <i>Cyperus Kalli</i>
	III ¹ <i>Polycarpon tetraphyllum</i>

e) groupe écologique psammophile

IV ² <i>Atractylis flava</i>	III ¹ <i>Lotus cytisioides</i> ssp. <i>collinus</i>
IV ² <i>Echium humile</i>	II ² <i>Neurada procumbens</i>
III ² <i>Plantago albicans</i>	II ¹ <i>Erodium triangulare</i> ssp. <i>laciniatum</i>
III ² <i>Nolletia chrysocomoides</i>	II ⁺ <i>Centaurea dimorpha</i>
III ¹ <i>Retama raetam</i>	

(1) La signification des coefficients affectés aux plantes dans les diagnoses est la suivante :

A. — Les chiffres romains indiquent la classe de présence dans le tableau phytosociologique qui définit l'association. La « présence est le % de relevés où la plante a été notée. On distingue 5 classes de présence :

I	moins de 20 %
II	20 à 40 —
III	40 à 60 —
IV	60 à 80 —
V	80 à 100 —

Ce qui revient à peu près à dire que la probabilité de rencontrer une espèce déterminée dans une phytocoenose quelconque appartenant à l'association est de

— de 0,2
0,2 à 0,4
0,6 à 0,8
0,4 à 0,6
0,8 à 1

B. — Les chiffres arabes placés en exposants indiquent la moyenne des coefficients d'abondance relative de l'espèce dans l'association. Nous avons adopté les valeurs suivantes :

5 =	très abondant	= plus de 1 000	individus par m ²
4 =	abondant	= 100 à 1 000	—
3 =	assez abondant	= 10 à 100	—
2 =	rare	= 1 à 10	—
1 =		= 0,1 à 1	—
+	exceptionnel	= 0,01 à 0,1	—
++ =	accidentel	= 0,001 à 0,01	—

TABLEAU 1

ASSOCIATION A ONONIS VAGINALIS ET MEDICAGO MARINA

Types biologiques	Nos des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	P.	C.P.
	Altitude en m	1	2	5	3	3	2	5	2	3	1		
	Couverture du sol %	40	30	50	40	35	50	45	30	20	30		
	Hauteur de la végétation en cm	35	30	40	50	45	30	40	40	30	30		
	Surface en m²	2000	2000	3000	2000	3000	2500	3000	2000	1500	2000		
	<u>Groupe</u> s écologiques												
	<u>a - Halophytes littoraux</u>												
Ch	Ononis vaginalis	21		21	21	21	21	31	21	21	21	9	V
Ch	Euphorba paralias	43	32	32	32	43	32	21			21	8	IV
G	Medicago marina		21	21	21	++	11			11	21	7	IV
G	Pancretrium maritimum	21	21	11	++			21	11	11		7	IV
G	Silene succulenta	21	21	21			21	21	21	21		7	IV
G	Beta vulgaris ssp maritima	11	21	21		++			21			5	III
T	Cakile aegyptiaca		21				21			21		3	II
	<u>b - Groupe de gypso-halophytes</u>												
HC	Aeluropus litoralis ssp repens	21	21	22	++	22	21	32	21	21	32	10	V
Ch	Nitraria retusa	21			++		11	11		11		5	III
Ch	Limoniastrum monopetalum	11						11			11	3	II
Ch	Zygophyllum album					++		11	1+	1+		4	II
Ch	Reaumuria vermiculata				++			1+		11		3	II
	<u>c - Groupe phreatophile</u>												
Ph	Phoenix dactylifera			12	12	13			12		13	5	III
HC	Scirpus holoschoenus			11							21	2	I
T	Euphorbia pepiis							21				1	I
	<u>d - Groupe des psammophytes littoraux</u>												
HC, T	Launaea resedifolia ssp viminea	21	21	21	1+	21	21	21	21	21	21	10	V
G	Sporobolus virginicus var. arenarius	21	22	21	22	22	21	21	1+			8	IV
G	Agropyron junceum ssp medirerraneum		21				32	32		21	21	5	III
G	Cyperus Kalli	21		21	21		21				21	5	III
T	Polycarpon tetraphyllum		11		1+	++				1+		4	III
	<u>e - Groupe psammophile de l'étage aride S.L.</u>												
T	Atractylis flava	11		21	21	21		21	11	21	21	8	IV
HC	Echium pycnanthum ssp humile	21		21	1+	21		++		21	21	7	IV
HC	Plantago albicans	21		11				21		21	11	5	III
Ch	Nolletia chrysocmoides			1+	21			21	11	11		5	III
Ch	Retama raetam	21				++	21	++			21	5	III
Ch	Lotus cytisioides ssp. collinus			++		++		21	21		1+	5	III
T	Neurada procumbens	21					21		1+	21		4	II
HC	Erodium triangulare ssp. laciniatum	11											
T	Centaurea dimorpha			++				2+		21	11	4	II
Ch	Lycium arabicum						++	21	1+			3	II
Ch	Euphorbia dracunculoides ssp glebulosa											2	I
T	Orlaya maritima	11		21					11	21		2	I
												2	I

Plantes présentes dans un seul relevé : Echinops spinosus; Cutandia dichotoma var memphitica; Salsola vermiculata var. brevifolia; Bassia muricata; Polygonum equisetiforme; Spargula rubra; Asparagus stipularis; Thymelaea hirsuta; Maresia nana; Atractylis serratuloides; Pituranthos tortuosus; Lobularia libyca; Asphodelus tenuifolius; Reseda arabica.

C. — *Biologie* (41)

Chaméphytes	33,3 %
Thérophytes (42)	28,5 %
Géophytes	19,3 %
Hémicryptophytes	16,6 %
Phanérophytes	2,3 %

On notera l'abondance des géophytes, phénomène lié aux sables littoraux.

D. — *Discussion - interprétation*

Le groupe écologique essentiel est ici celui des halophytes littoraux *a* qui par leur présence et leur abondance montrent la proximité immédiate de la mer.

Le groupe *d* des psammophytes littoraux est médiocrement représenté : il ne s'agit effectivement pas de dunes mais d'une plage.

Le groupe *c* est assez faiblement représenté; l'on peut en conclure que ces stations sont bien drainées.

Le groupe *b* est également fragmentaire et témoigne d'une salure relativement faible.

III. — *Utilisation*

A. — *Actuelle*. — Le milieu correspondant à ce groupement n'est généralement pas mis en valeur, cependant, nous avons pu voir un jardin constitué dans ce milieu après drainage et protection contre les embruns marins. Dans ces conditions les cultures irriguées donnent des résultats satisfaisants.

B. — *Potentielle*. — La meilleure utilisation est celle que nous venons de voir. Cependant l'intérêt en reste secondaire en raison des faibles surfaces occupées par ce milieu.

Groupement 2. — Association à *Ammophila arenaria* var. *arundinacea*, *Agropyron junceum* var. *mediterraneum* et *Nitraria retusa*

I. — *Le milieu*

A. — *Aire de répartition*. — Ce groupement se rencontre sur tout le littoral de Sfax à la frontière libyenne.

B. — *Conditions climatiques*. — Les conditions climatiques sont les mêmes que pour l'association 1 : à la limite des sous-climats supérieur et inférieur du climat aride et à la limite des variantes à hivers doux et chauds. Pluies ≈ 200 mm; $6 < m < 8$. Maximum pluviométrique en automne. Microclimat à ambiance littorale caractérisé par une forte humidité atmosphérique et la présence de poussières de sel provenant des embruns.

C. — *Conditions topographiques*. — Ce milieu se développe entre les cotes + 1 et + 5; les dunes de sables y créent une microtopographie tourmentée ou les dénivellations atteignent de 50 cm à 3 m.

(41) Spectre de RAUNKIAER.

(42) Le terme thérophyte est particulièrement inadéquat ici (θερος = été) où les annuelles se développent précisément en hiver et au printemps. Nous continueront cependant à employer le terme thérophyte pour sa commodité.

D. — *Conditions édaphiques.* — Le substrat édaphique est constitué de dunes littorales à sable grossier silico-calcaire; entre les dunes une nappe phréatique (non salée) se maintient à 50-100 cm de la surface.

E. — *Conditions humaines et animales.* — Le groupement sert habituellement de terrain de parcours aux troupeaux de moutons et de chèvres.

TABLEAU 2

ASSOCIATION A AMMOPHILA ARENARIA VAR. ARUNDINACEA,
AGROPYRUM JUNCEUM VAR. MARITIMUM ET NITRARIA RETUSA.

Types biologiques	Nos des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	P.	C.P.
	Altitude en m	2	2,5	2	10	1,5	2,5	0,7	1,5		
	Recouvrement %	50	20	25	20	25	20	30	50		
	Hauteur de la végétation en cm	50	50	50	100	60	70	40	60		
	Surface des relevés en m ²	2000	1000	3000	1000	2000	2500	2500	2000		
	a - Groupe des psammophytes littoraux										
G	Ammophila arenaria var. arundinacea	32	32	43	43	43	43		43	7	V
T, HC	Launaea resedifolia ssp viminea	21		31	11	32	21	11	21	7	V
G	Agropyron junceum ssp mediterraneum		21	++	21	21	++	32		6	IV
G	Cyperus Kalli	21	++	21						3	II
T	Cutandia maritima		21	21					31	3	II
T	Sasola Kalli						21				I
G	Sporobolus virginicus var. arenarius	21									I
	b - Groupe de halophytes littoraux										
Ch	Euphorbia paralias	21	21	21	21	21	21	21		7	V
G	Pancratium maritimum		11	21			21	11	21	5	IV
G	Silene succulenta		11	21	11	31			21	5	IV
T	Cakile aegyptiaca					21	21	32		3	II
	c - Groupe gypso-halophile										
Ch	Nitraria retusa			21		21	11			3	II
HC	Aeluropus litoralis ssp repens			21			32			2	II
	d - Groupe phréatophile										
HC	Imperata cylindrica	32	32	11						3	II
Ch	Ononis Natrix ssp falcata		32		32					2	II
HC	Schoenus nigricans	21								1	I
T	Euphorbia peplis	21								1	I
T	Centaurium pulchellum var. grandiflorum		21							1	I
	e - Groupe psammophile de l'étage aride (S.L.)										
Ch	Nolletia chrysocomoides	++	21	21	11					4	III
HC	Atractylis flava	21	31	21	21					4	III
HC	Erodium triangulare ssp laciniatum	31	21	31						3	II
T	Koeleria Salzmanni		21	21	11					3	II
Ch	Lotus cytisioides	11	21							2	II
HC	Echinops spinosus	21	11		21					3	II
Np	Retama raetam	++	11				21			3	II
T	Cutandia memphitica	11			21					2	II
T	Lotus pusillus	11	21							2	II
HC	Plantago albicans	++	31							2	II
T	Picris coronopifolia ssp eu-coronopifolia	21	11							2	II
Espèces présentes dans 1 seul relevé : Hypparhenia hirta; Cynodon dactylon; Asparagus stipularis; Euphorbia serrata.											

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

L'association se présente comme une steppe haute où les graminées sociales forment l'élément fondamental de la physionomie. La structure du groupement montre deux strates : une strate de 60-120 cm, formée par les graminées sociales et les rares nanérophytes, sous laquelle se développe une strate de 20-40 cm constituée par les chaméphytes et les thérophytes. La couverture du sol est de l'ordre de 25 %.

B. — *Diagnose*

a) Groupe écologique des psammophytes littoraux

V⁴ *Ammophila arenaria* ssp. *arundinacea*
V² *Launaea resedifolia* ssp. *viminea*
IV² *Agropyron junceum* ssp. *mediterraneum*

II² *Cyperus Kalli*
II² *Cutandia maritima*
I² *Salsola Kali*
I¹ *Sporobolus virginicus* var. *arenarius*

b) Groupe écologique des halophytes littoraux

V² *Euphorbia paralias*
IV² *Pancratium maritimum*

IV² *Silene succulenta*
II² *Cakile aegyptiaca*

c) Groupe écologique gypso-halophile

II² *Nitraria retusa*

II² *Aeluropus littoralis* ssp. *repens*

d) Groupe écologique phréatophile

II² *Imperata cylindrica*
I² *Schoenus nigricans*

I² *Euphorgia peplis*
I² *Centaurium pulchellum* var. *grandiflorum*

e) Groupe écologique psammophile

III² *Nolletia chrysocomoides*
III² *Atractylis flava*
II² *Erodium triangulare* ssp. *laciniatum*
II² *Ononis Natrix* ssp. *falcata*
II² *Koeleria Salzmanni*
II² *Lotus cytisioides*

II² *Echinops spinosus*
II¹ *Retama raetam*
II¹ *Cutandia memphitica*
II¹ *Lotus pusillus*
II¹ *Plantago albicans*
II¹ *Picris coronopifolia* ssp. *eu-coronopifolia*

C. — *Biologie*

Thérophytes	35,4 %
Géophytes	25,8 %
Hémicryptophytes	22,7 %
Chamaéphytes	12,9 %
Nanophanéophytes	3,2 %

D. — *Dynamisme*

Comme ses homologues des côtes méditerranéennes et atlantiques cette association est une pionnière des dunes. Nous pensons que l'évolution normale conduirait à un groupement forestier à *Juniperus phoenicea*; mais l'évolution est arrêtée, par les troupeaux semble-t-il.

E. — *Discussion — Interprétation — Classification*

Cette association diffère de la précédente par un appauvrissement des groupes halophiles et un enrichissement des groupes psammophiles et phréatophiles. Schématiquement ces faits sont matérialisés par la présence exclusive de *Ononis vaginalis* et *Medicago marina* dans la première association; celle de *Ammophila arenaria* et *Imperata cylindrica* dans la seconde. La présence et la composition des derniers groupes écologiques rendent donc bien compte de la nature du milieu : Ambiance littorale : b, atténuée : e; — Dunes : a; — Nappe phréatique proche : d; — légère halophilie : c — b.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — Le milieu correspondant à cette association fournit actuellement un médiocre pâturage à moutons qui présente cependant l'intérêt de garder une végétation verte en été.

B. — **Potentielle.** — La mise en valeur de ce milieu implique deux stades : α) hâter la fixation des dunes par les techniques habituelles; β) plantation d'essences arenicoles — telles *Acacia cyanophylla* — qui ont fait leurs preuves dans ce type de milieu. Le stade à *Acacia cyanophylla* devant à son tour être suivi d'un stade plus productif à *Eucalyptus*. L'introduction directe de l'*Eucalyptus* irait au devant d'un échec.

Groupement 3. — Association à *Imperata cylindrica* var. *europaea* et *Ononis Natrix* ssp. *falcata*

I. — Le milieu

A. — **Aire géographique.** — Ce groupement a été mis en évidence sur la côte nord et nord-est de l'île de Djerba; aux abords de certains oueds de la Djeffara et en Libye où il occupe de grandes surfaces entre Sabratha et Zavia.

B. — **Conditions climatiques.** — P # 200; $6 < m < 8$. Limite des sous-étages aride supérieur et inférieur. Limite des variantes à hivers chauds et à hivers doux.

C. — **Situation topographique.** — Le milieu défini par ce groupement occupe toujours des zones basses mais drainées et non inondables de la région littorale.

D. — **Conditions édaphiques.** — Le sol est toujours sablonneux, calcaire, et comporte entre 1,5 et 3 m de profondeur un horizon aquifère donnant des eaux peu chargées en sels.

E. — **Conditions humaines et animales.** — Le groupement sert habituellement de terrain de parcours pour le bétail.

II. — La végétation

A. — **Physionomie — Structure**

L'aspect est celui d'une steppe plus ou moins lâche comportant deux strates : une strate 40-100 constituée de graminées vivaces et de chaméphytes; et une strate 0-40 de thérophytes, chaméphytes rampants. La couverture végétale atteint 40 à 60 % de la surface du sol.

B. — **Diagnose**

a) Groupe écologique sub-phréatophile et arénicole des sols frais

V⁴ *Imperata cylindrica* var. *europaea*
V³ *Ononis Natrix* ssp. *falcata*

I² *Trigonella maritima*
I¹ *Phoenix dactylifera*
I⁺ *Polypogon maritimum* ssp. *eu-maritimum*

b) Groupe écologique sub-littoral lié aux variantes à hivers doux

III² *Urginea maritima*

I¹ *Asphodelus microcarpus*

TABLEAU 3

ASSOCIATION A IMPERATA CYLINDRICA VAR. EUROPEA ET ONONIS NATRIX SSP FALCATA

	Nos des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	P.	C.P.
	Altitude en m	3,5	5	4	2	3	5	4	2	5	5	8	10	4,5	3,5	8	4	5		
	Recouvrement %	30	30	50	40	40	30	40	60	20	45	45	70	45	40	47	40	75		
	Hauteur de la végétation en cm	50	60	55	50	45	60	50	50	40	50	30	40	100	60	50	50	70		
	Surface des relevés en m ²	1000	1500	1000	800	1000	1500	1500	1000	800	1000	1000	1000	1000	800	1000	1000	1500		
	<u>Groupe écologique</u>																			
	a - <u>Groupe sub-phréatophile</u> <u>et arénicole des sols frais</u>																			
HC	Imperata cylindrica var. europaea	43	43	21	42	43	32	43	32		32	21	43	32	43	32	21	43	16	V
Ch	Ononis natrix ssp falcata	++	21	43	32	32	32	21	21	32	32	32		32	32	22	22	21	16	V
T	Trigonella maritima	21	21																2	I
Ph	Phoenix dactylifera															12	12	12	3	I
T	Bupleurum semi-compositum	21																2+	2	I
T	Polypogon maritimum ssp eu - maritimum	++																		I
T	Filago mareotica	21																	1	I
	b - <u>Groupe sub-littoral lié</u> <u>aux climats à hivers</u> <u>doux</u>																			
G	Urginea maritima		22		11	21	31						11			++		11	7	III
G	Asphodelus microcarpus																21		1	I
	c - <u>Groupe psammophile de</u> <u>l'étage aride; sous-étage</u> <u>supérieur</u>																			
HC	Echinops spinosus ssp Bovei	++	11	21	21	21	11	21	11	21			21	11				21	12	IV
Ch	Lotus cytisioides ssp collinus	++		32	21				21			21					32	11	7	III
T	Orlaya maritima	21			21		11	21	21	21	21			11	21				9	III
HC	Corynephorus articulatus ssp eu-articulatus			31													31	31	3	I
HC	Eragrostis papposa			21													21	2	2	I
Ch	Crucianella angustifolia																21	++	2	I
HC	Hypparhenia hirta																11	11	2	I
Ch	Thymelaea hirsuta					++										++			2	I
T	Silene muscipula var. eu-muscipula	21			31														2	I
T	Koeleria pubescens var Villosa															2+	42		2	I
	d - <u>Groupe de psammophytes</u> <u>de l'étage aride (S.L.)</u>																			
Ch	Pituranthos tortuosus var. tortuosus	11	21	21	21	21	31	11	21	21	21	21		31	21		1+	21	15	V
HC	Atractylis flava ssp citrina		11	21			32	21	21	21	11	31	21	11	21	11	11	11	14	V
HC, T	Launaea resedifolia ssp eu-resedifolia	21	21	11	31			21	11	11	2+		11		21	21		21	12	
HC	Plantago albicans	21		32		21	21		21	11			32	21	31	31	21	43	12	IV
T	Lotus pusillus	21			21	31	21	21	21	21	31			21	31	11		1+	12	IV
Ch	Echiochilon fruticosum			32	21	32	21					43	11	21	21		21	31	10	III
T	Centaurea dimorpha	21			21	21			11	21	21		21	21	21	1+			10	III
G	Cynodon dactylon	21	21	21	21				22				21			1+	21		8	III
T	Koeleria Salzmanni	21		31	32	42	31					21		31					7	III
Np	Calycotome villosa ssp intermedia	++	21	21		11	++						21					21	7	III
Ch	Argyrolobium uniflorum	11	21	21		21									31	11			6	II
Ch	Pituranthos tortuosus ssp virgatus	11		11		21						11			1+		21		6	II
Ch	Linaria aegyptiaca ssp fruticosa		11	32				++			21	21							5	II
Ch	Thymelaea microphylla			21			21					32							3	I
Ch	Polygonum equisetiforme		21							++						++			3	I
Ch, Np	Retama raetam																	11	3	I
T	Ajuga iva ssp pseudoiva	++	++																2	I
T, G	Euphorbia serrata	++	++																2	I
T	Cutandia dichotoma			21	31														2	I
T	Ifloga spicata		21														11		2	I

Espèces présentes dans un seul relevé : 1 : Spitzelia coronopifolia ssp eu - coronopifolia; 1 : Loeflingia hispanica; 15 : Euphorbia cornuta; 1 : Silene nicaeensis ssp arenarioides; 1 : Brachypodium distachyum; 15 : Euphorbia dracunculoides ssp glebulosa; 1 : Lygeum spartum; 2 : Richardia tingitana ssp discola; 3 : Cutandia divaricata; 15 : Senecio gallicus ssp coronopifolius; 15 : Erodium triangulare ssp Bovei; 15 : Paronychia capitata; 3 : Elchrysom caespitosum; 3 : Silene colorata ssp Oliveriana; 15 : Paronychia arabica var. Cossoniana; 16 : Helianthemum Lippii var. Ehrenbergii; 16 : Aizoon canariense; 2 : Ononis reclinata; 2 : Anacyclus cyrtolopidioides; 2 : Nigella arvensis.

c) Groupe psammophile de l'étage aride, sous-étage supérieur

IV ² <i>Echinops spinosus</i> ssp. <i>Bovei</i>	II ² <i>Eragrostis papposa</i>
III ² <i>Lotus cytioides</i> ssp. <i>collinus</i>	I ¹ <i>Crucianella angustifolia</i>
III ² <i>Orlaya maritima</i>	I ¹ <i>Hypparhenia hirta</i>
II ³ <i>Gorynephorus articulatus</i> ssp. <i>eu-articulatus</i>	I ¹ <i>Thymelaea hirsuta</i>
	I ² <i>Silene muscipula</i> var. <i>eu-muscipula</i>

d) Groupe écologique psammophile de l'étage aride (S. L.)

V ² <i>Pituranthos tortuosus</i> var. <i>tortuosus</i>	III ³ <i>Echiochilon fruticosum</i>
V ² <i>Atractylis fava</i> ssp. <i>citrina</i>	III ³ <i>Koeleria Salzmanni</i>
IV ² <i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>eu-resedifolia</i>	III ² <i>Cynodon dactylon</i>
IV ² <i>Plantago albicans</i>	III ² <i>Centaurea dimorpha</i>
IV ² <i>Lotus pusillus</i>	II ² <i>Argyrolobium uniflorum</i>
	I ¹ <i>Pituranthos tortuosus</i> var. <i>virgatus</i>

C. — **Biologie**

Thérophytes	51,5 %
Chaméphytes	22,0 %
Hémicryptophytes	15,6 %
Géophytes	6,3 %
Nanophanérophytes	3,1 %
Phanérophytes	1,5 %

D. — **Dynamisme**

L'association peut prendre naissance sur des sables fixés par l'association à *Ammophila*. Les relevés 1, 2 et 7 de l'association à *Ammophila* marquent déjà une légère transgression vers l'association à *Imperata*. Dans ce cas l'évolution tend vers une juniperaie à *Juniperus phoenicea*.

E. — **Discussion — Interprétation**

Les caractères originaux de ce milieu sont essentiellement : un sol sablonneux frais en climat sublittoral, dans le groupe « a » : *Imperata cylindrica* est à la fois sub-phréatophile et liée aux variantes à climat doux.

Le groupe a est constitué d'espèces fidèles aux sols frais. Le groupe b comprend deux espèces fidèles aux climats à régime thermique peu tranché.

Le groupe c réunit des espèces arénicoles communes dans l'étage aride supérieur; rares ou absentes dans le sous-étage inférieur.

Le groupe d est formé d'espèces psammophiles qui se rencontrent dans tout l'étage aride.

A. — **Actuelle.** — Dans son état actuel ce groupement fournit un pâturage d'assez bonne valeur pour la région (1 mouton pour 2 hectares, en moyenne, soit environ 200 U.F. par hectare et par an).

B. — **Potentielle.** — Ce milieu peut être planté avec succès par des essences forestières du type Eucalyptus, ou même d'espèces fruitières (figuier, abricotier, pêcher, amandier). Les deux types de mise en valeur ont été pratiqués avec succès dans ce milieu en Tripolitaine. A l'irrigation les terres occupées par ce milieu permettent toutes cultures et acceptent sans grave danger des eaux d'irrigation relativement chargées.

Groupement 4. — Association à *Schoenus nigricans*, *Plantago crassifolia* et *Centaureum pulchellum* ssp. *grandiflorum*.

I. — **Le Milieu**

A. — **Aire.** — Cette association a été mise en évidence sur la côte nord-est de l'île de Djerba, en arrière des dunes littorales.

B. — *Climat*. — Les conditions climatiques sont les mêmes que pour les 3 groupements précédents : elles se situent aux limites des sous-étages inférieur et supérieur de l'étage aride et aux limites de variantes à climat doux et à climat chaud : P # 200; M # 32; $6 < m < 8$.

C. — *Conditions topographiques*. — Le groupement se développe dans les zones basses, inondables, en arrière des dunes littorales. La microtopographie joue un rôle important : l'on peut avoir en mosaïque l'association à *Imperata* et celle à *Schoenus*. La première occupant les éminences constituées par les anciennes dunes fixées, et la seconde occupant les dépressions et les creux interdunaires.

D. — *Conditions édaphiques*. — Le sol est sablonneux silico-calcaire, mais constamment humide — inondé pendant 1 semaine à 1 mois par an —. La nappe phréatique (peu ou pas salée) reste voisine de la surface, même en été, les fluctuations du niveau du plan d'eau allant de + 20 à — 50 cm.

E. — *Conditions humaines et animales*. — C'est un pâturage de piètre valeur. Le dattier y est subspontané mais donne des produits de qualité inférieure, en faible quantité, et pouvant seulement être utilisés à l'alimentation animale.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

Le groupement se présente sous une forme difficile à définir : ce n'est ni une steppe, ni une prairie, nous l'appellerons *steppe sub-marécageuse*. La couverture du sol peut varier de 50 à 90 %. On distingue 2 strates. La strate supérieure haute de 40 à 120 cm, est formée par *Schoenus nigricans* et les joncs vivaces; elle couvre 10 à 20 % de la surface. La strate inférieure, haute de 0 à 40 cm, comprend les thérophytes, les chaméphytes rampants et les hémicryptophytes.

B. — *Diagnose*.

a) Groupe écologique hygrophile phréatophile

V ³ <i>Schoenus nigricans</i>	III ³ <i>Juncus bufonius</i> ssp. <i>eu-bufonius</i>
V ³ <i>Plantago crassifolia</i>	II ³ <i>Juncus maritimus</i>
V ³ <i>Polypogon maritimum</i> ssp. <i>eu-maritimum</i>	I ² <i>Juncus acutus</i>
IV ³ <i>Centaureum pulchellum</i> ssp. <i>grandiflorum</i>	

b) Groupe écologique sub-phréatophile

III ² <i>Limonium echioides</i> ssp. <i>exaristata</i>	II ⁺ <i>Imperata cylindrica</i>
II ² <i>Pholurus incurvatus</i>	I ² <i>Ononis angustissima</i> var. <i>falcata</i>
	I ¹ <i>Trigonella maritima</i>

c) Groupe écologique halophile-phréatophile

I ² <i>Sphenopus divaricatus</i>	I ¹ <i>Salicornia arabica</i>
---	--

d) Groupe écologique gypso-halophile

IV ² <i>Aeluropus litoralis</i> ssp. <i>repens</i>	I ² <i>Limonium pruinosum</i>
	I ¹ <i>Limonium tunetanum</i>

e) Groupe écologique psammophile de l'étage aride (S. L.)

II ² <i>Koeleria Salzmanni</i>	I ² <i>Koeleria villosa</i>
I ² <i>Hypparhenia hirta</i>	I ² <i>Plantago albicans</i>
I ² <i>Lotus cytisioides</i> ssp. <i>collinus</i>	I ¹ <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>

TABLEAU 4

ASSOCIATION A SCHOENUS NIGRICANS, PLANTAGO CRASSIFOLIA ET CENTAURIUM PULCHELLUM

TYPES BIOLOGIQUES	Nos des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	P.	C.P.
	Altitude en m	2	1,5	3	2	3	2	2	2	2,5	3	2	3	2,5		
	Recouvrement %	80	60	70	50	70	90	95	40	60	90	80	80	70		
	Hauteur de la végétation en cm	60	60	55	50	100	100	100	40	40	50	60	50	60		
	Surface des relevés en m²	500	500	500	500	300	200	300	500	500	200	200	200	300		
	Groupe écologique															
	<u>a - Groupe hygrophile-phréatophile</u>															
HC	Schoenus nigricans	43	33	33	33	32	32	32	22	32	22	32	32	21	13	V
HC	Plantago crassifolia	43	32	11	33	44	32	21	43	22	1+	44	54	43	13	V
T	Polygonum maritimum ssp eu-maritimum	31	31	21	31	32	43	43	21	++	54	21	21	21	13	V
T	Centaureum pulchellum ssp grandiflorum	21	++	31	21	31	31	21			31	21	21		10	IV
T	Juncus bufonius ssp eu - bufonius	21	31	31	31	31		41			31			++	8	III
HC	Juncus maritimus		33				33	33			43				4	II
HC	Juncus acutus		22												1	I
	<u>b - Groupe sub-phréatophile</u>															
T	Limonium echinoides ssp exaristata	11						21	++		21	21	21	32	7	III
T	Pholurus incurvatus	11					21	21				21	11		5	II
HC	Imperata cylindrica							++		++			++		3	II
Ch	Ononis natrix ssp falcata															
T	Trigonella maritima															
	<u>c - Groupe halophile-phréatophile</u>															
T	Sphenopus divaricatus												21		1	I
Ch	Salicornia arabica		++												1	I
	<u>d - Groupe gypso-halophile</u>															
HC	Aeluropus litoralis ssp repens	11	32		11	21	21		21		32	21	11	21	10	IV
Ch	Limonium pruinosum		21		11										2	I
HC	Limonium tunetanum												21		1	I
	<u>e - Groupe psammophile de l'étage aride S.L.</u>															
T	Koeleria Salzmanni			32		31		11							3	II
HC	Hypparhenia hirta	21								21					2	I
Ch	Lotus cytisioides ssp collinus			21					21						2	I
T	Koeleria villosa	21								21					2	I
HC	Plantago albicans				11					31					2	I
Ch	Helianthemum Lippii var. sessiliflorum			++											2	I
Ch	Pituranthos tortuosus			++						32					2	I
										21					2	I
Espèces présentes dans un seul relevé : 1 : Calycotome villosa ssp intermedia; 2 : Polycarpon tetraphyllum; 3 : Argemone uniflorum, Orlaya maritima, Thymelaea microphylla; 7 : Polygonum equisetiforme, Lycium arabicum; 9 : Linaria aegyptiaca ssp fruticosa, Echinchilon fruticosum, Ifigia spicata, Fumana thymifolia, Elichrysum coespitosum.																

C. — Biologie

Chaméphytes	32,4 %
Thérophytes	32,4 %
Hémicryptophytes	27,1 %
Géophytes	5,4 %
Nanophanerophytes	2,7 %

D. — *Dynamisme*

En l'absence d'influence humaine ce groupement évoluerait vers la Tamaricaie (*T. africana*, *T. gallica*), mais le pâturage le maintient sous cette forme de steppe submarécageuse.

E. — *Discussion — Interprétation*

Le groupe écologique le plus abondant et celui dans lequel les espèces ont les coefficients d'abondance et de présence les plus élevés est le groupe phréatophile. Aucune des plantes de ce groupe n'est liée à la salure, bien que *Plantago crassifolia* la supporte parfois.

Les autres groupes sont plus ou moins fragmentaires et représentent les fluctuations aléatoires et l'amplitude écologique de l'association. La présence de *Salicornia arabica* et *Limonium tunetanum* implique que le groupement peut tolérer une légère salure.

III. — *Utilisation*

A. — *Actuelle.* — Pâturage médiocre.

B. — *Potentielle.* — Après assainissement, plantation d'essences forestières : Tamarix, Eucalyptus. Groupement de faible intérêt couvrant des surfaces insignifiantes.

411-2 — Groupements des sols squelettiques

Groupement 5. — Association à *Globularia alypum* var. *eriocephala* et *Reaumuria vermiculata*

I. — *Le Milieu*

A. — *Aire du groupement.* — L'association a été reconnue dans l'île de Djerba, la presqu'île de Zarzis et la région de Maharès.

B. — *Conditions climatiques.* — L'association se place aux limites des sous-étages supérieur et inférieur de l'étage aride — P # 200; m # 7; M # 31. Pluviosité à maximum automnal très marqué.

C. — *Conditions topographiques.* — Le groupement semble lié aux basses altitudes des plaines littorales sur les croupes et les dômes fossilisés par les croûtes calcaires.

D. — *Conditions édaphiques.* — Le sol qui porte ce groupement comporte une croûte calcaire près de la surface. Sous cette croûte se trouve le substrat géologique essentiellement constitué de marnes et argiles gypseuses pontiennes ou miocènes. La croûte calcaire est la plupart du temps colluvionnée par des sables fins un peu limoneux formant un glaciais superficiel.

E. — *Conditions humaines et animales.* — La végétation caractérisant ce milieu est le résultat d'une dégradation forestière ancienne et, semble-t-il, irréversible. Le cortège floristique du groupement témoigne également d'un effet de surpâturage extrême.

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — *Structure*

Il s'agit d'une steppe à chaméphytes très ouverte où la couverture végétale ne dépasse guère 15-20 %. La structure de cette végétation montre deux strates :

- l'une formée de chaméphytes atteint 20-40 cm;
- l'autre constituée de thérophytes ne dépasse guère 10-20 cm.

B. — *Diagnose*.

a) Groupe écologique résiduel de la forêt xérophile à *Juniperus phoenicea*

V ³ <i>Globularia alypum</i> var. <i>alypum</i>	III ² <i>Phagnalon saxatile</i>
V ² <i>Fumana thymifolia</i>	III ² <i>Elichrysum caespitosum</i>
IV ² <i>Globularia alypum</i> var. <i>eriocephala</i>	I ¹ <i>Fagonia cretica</i>
	I ⁺ <i>Oryzopsis miliacea</i>

b) Groupe écologique des sols à croûte

V ³ <i>Gymnocarpus decander</i>	III ³ <i>Herniaria Fontanesii</i>
V ² <i>Atractylis serratuloides</i>	III ¹ <i>Scilla villosa</i>
V ² <i>Helianthemum Kahiricum</i>	II ² <i>Stipa parviflora</i> (1)
	I ⁺ <i>Anabasis oropediorum</i>

c) Groupe écologique gypsophile

V ³ <i>Lygeum spartum</i>	I ² <i>Pituranthos chloranthus</i> ssp. <i>Cossonianus</i>
IV ² <i>Reaumuria vermiculata</i>	I ¹ <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>intricatum</i>
III ¹ <i>Zygophyllum album</i> ssp. <i>album</i>	I ¹ <i>Erodium glaucophyllum</i>
II ¹ <i>Limonium pruinosum</i> ssp. <i>Alleizettei</i>	I ⁺ <i>Nitraria retusa</i>

d) Groupe écologique anthropozoophile

V ³ <i>Thymelea hirsuta</i> (1)	I ² <i>Peganum harmala</i>
III ³ <i>Asphodelus fistulosus</i>	I ¹ <i>Asphodelus microcarpus</i> (1)

e) Groupe écologique lié aux sols à texture moyenne de l'étage aride

IV ² <i>Stipa retorta</i>	II ⁺ <i>Asparagus stipularis</i>
III ² <i>Launaea nudicaulis</i>	I ² <i>Eryngium ilicifolium</i>
II ² <i>Asteriscus pygmaeus</i>	I ¹ <i>Salvia lanigera</i>
II ¹ <i>Ajuga iva</i> ssp. <i>pseudoiva</i>	I ¹ <i>Salvia aegyptiaca</i>
	I ⁺ <i>Artemisia herba-alba</i>

f) Groupe écologique plus ou moins psammophile de l'étage aride

V ² <i>Pituranthos tortuosus</i>	III ¹ <i>Argyrolobium uniflorum</i>
IV ² <i>Linaria aegyptiaca</i> ssp. <i>fruticosa</i>	II ² <i>Koeleria pubescens</i> ssp. <i>Salzmanni</i>
IV ² <i>Plantago albicans</i>	II ² <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>
III ² <i>Calycotome villosa</i> ssp. <i>intermedia</i>	II ² <i>Thymelaea microphylla</i>
III ² <i>Echiochilon fruticosum</i>	II ² <i>Erodium triangulare</i> ssp. <i>laciniatum</i>
III ² <i>Teucrium polium</i> (s. l.)	II ¹ <i>Polygonum equisetiforme</i>

C. — *Biologie*

Chéméphytes	40,3 %
Thérophytes	29,1 %
Hémicryptophytes	24,2 %
Géophytes	4,8 %
Nanophanérophytes	1,6 %

Si l'on compare ce spectre biologique à celui des sables littoraux on observe que les proportions sont à peu près inversées (excepté pour les nanophanérophytes).

D. — *Dynamisme*

Le groupe écologique (a) montre que l'ensemble du groupement dérive d'une forêt xérophile à *Juniperus phoenicea*, car ces espèces abondent dans cette forêt. Il semble qu'étant

(1) Etage aride supérieur.

TABLEAU 5

ASSOCIATION A GLOBULARIA ALYPUM VAR. ERIOCEPHALA ET REAUMURIA VERMICULATA

Types biologiques	Nos des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	P.	C.P.
	Altitude en m	20	15	5	8	10	10	3	15	5	6	20	60		
	Hauteur de la végétation en cm	20	10	20	30	25	5	30	5	10	15	20	20		
	Couverture du sol %	15	10	20	30	25	10	25	25	10	10	10	10		
	Surface des relevés en m ²	1000	1000	1000	500	1000	1000	500	1000	1000	1000	1000	1000		
	<u>Groupes écologiques</u>														
	<u>a - Groupe résiduel de la forêt xérophile</u>														
Ch	<i>Globularia alypum</i>	32	31	31	31	21		++	21	31	31		11	10	V
Ch	<i>Fumana thymifolia</i>	21	21	21	21	++	21	21	21	31	31		11	11	V
Ch	<i>Globularia alypum</i> var. <i>eriocephala</i>	21	21	11	11			21	21	21	11		++	9	IV
HC	<i>Hypparhenia hirta</i>		11	11		21	21		21	31	21	21		8	IV
HC	<i>Phagnalon saxatile</i>	11	21			11		11		21	21		11	7	III
Ch	<i>Elichrysium caespitosum</i>			++	++	11		31				31	21	6	III
HC	<i>Oryzopsis miliacea</i>												++	1	I
Ch	<i>Pagonia cretica</i>								11					1	I
	<u>b - Groupes des sols à croûte</u>														
Ch	<i>Gymnocarpus decander</i>	21	31	31	31	31	21	32	21	32	21	32	41	12	V
Ch	<i>Atractylis serratuloides</i>	21	21	21	21	21	31	31	21	21	21	31	21	12	V
Ch	<i>Helianthemum kahircicum</i>		11		21		11	21	21	21	21	31	21	9	V
G	<i>Hernaria Fontanesii</i>	11				21	++			21	11		31	6	III
Ch	<i>Scilla villosa</i>	11				11			11		++		21	5	III
HC	<i>Stipa parviflora</i>						++		21				31	3	II
Ch	<i>Anabasis oropediorum</i>				++									1	I
	<u>c - Groupe gypsophile</u>														
HC	<i>Lygeum spartum</i>	21	32	21	21	21	32	21	21	32	31	31	31	12	V
Ch	<i>Reaumuria vermiculata</i>	21	31	21			++		21	32	21	21	42	9	IV
Ch	<i>Zygophyllum album</i>		21	11			11	11			++			5	III
Ch	<i>Limonium pruinatum</i>		11				21	11						3	II
Ch	<i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>intricatum</i>			11								21		2	I
Ch	<i>Pituranthos chloranthus</i> ssp <i>Cossonianus</i>			21								21		2	I
Ch	<i>Nitraria retusa</i>			++									++	2	I
HC	<i>Erodium glaucophyllum</i>			++								11		2	I
	<u>d - Groupe anthropozoophile</u>														
Ch	<i>Thymelaea hirsuta</i>	21	++	++	21	21	11		21	31	21		11	10	V
T	<i>Asphodelus fistulosus</i>	21					31		31	21		21	32	6	III
G	<i>Asphodelus microcarpus</i>							11	11					2	I
HC	<i>Peganum harmala</i>								21					1	I
	<u>e - Groupe des sables fins et limons</u>														
T	<i>Stipa retorta</i>	21	21	21	21	31			21	21			31	8	IV
T	<i>Launaea nudicaulis</i>			21	21				21			21	11	5	III
T	<i>Asteriscus pygmaeus</i>		21	21			11					31		4	II
T, HC	<i>Ajuga iva</i> ssp <i>pseudo-iva</i>		++						21	11			21	4	II
	<i>Asparagus stipularis</i>			++				++					11	3	II
T	<i>Eryngium ilicifolium</i>								21					1	I
T	<i>Salvia lanigera</i>											21	11	2	I
T	" <i>egyptiaca</i>			++					21					2	I
Ch	<i>Artemisia herba-alba</i>				++									1	I
	<u>f - Groupe plus ou moins psammophile de l'étage aride S.L.</u>														
Ch	<i>Pituranthos tortuosus</i>	21	11			21	21	21	21	11	21	31	21	10	V
Ch	<i>Linaria aegyptiaca</i> ssp <i>fruticosa</i>		21		++	21	++	21	21		21	21	21	9	V
HC	<i>Plantago albicans</i>		21	21	++	21			21	21	21	21	31	9	V
Np	<i>Calycotome villosa</i> ssp <i>intermedia</i>	++		++	21	12	++	23					++	7	III
Ch	<i>Echiochilon fruticosum</i>		11			21	++	21		11	11		21	7	III
Ch	<i>Teucrium polium</i> S. L.		11			++	21		21		11			5	III
Ch	<i>Argyrolobium uniflorum</i>	++	++			11	21		21					5	III
T	<i>Koeleria Salzmanni</i>			11		31	21		21					4	II
Ch	<i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>	21								21	21		21	21	II
Ch	<i>Thymelaea microphylla</i>						21	21		11				3	II
HC, T	<i>Erodium triangulare</i> ssp <i>laciniatum</i>									21		21	21	3	II
Ch	<i>Polygonum equisetiforme</i>	11								++			1+	3	II
T	<i>Anacyclus cyrtolipidioides</i>		21										21	2	I
T	<i>Bassia muricata</i>	11					21							2	II

Espèces présentes dans un seul relevé : 2 : *Bupleurum semi-compositum*; 3 : *Paronychia argentea*; 5 : *Helianthemum elipticum*; *Hippocrepis bicontorta*, *Thesium humile*, *Delphinium pubescens* var. *dissitiflorum*, *Echium pycnanthum* ssp *humile*, *Aristida plumosa*; 6 : *Hernaria lenticulata*; 7 : *Lotus halophilus*.

donné la dégradation extrême et le caractère très xérique de ce milieu, la végétation ait atteint un stade irréversible, du moins à l'échelle humaine.

E. — *Classification — Discussion*

On remarquera l'abondance et la présence relativement élevée des groupes écologiques des croûtes et de dégradation forestière. Le groupe gypsophile est moyennement représenté.

Le groupe anthropozoophile est moyennement représenté (*Thymelaea hirsuta* y est seulement préférentielle, non exclusive). Le groupe des sols à texture moyenne est faiblement mais nettement représenté (faible présence, faible abondance), il est surtout lié ici à l'existence du glacis superficiel. Le groupe des psammophiles est mieux représenté. Il résulte de ces constatations que les caractères essentiels de cette végétation sont la présence d'espèces résiduelles de la forêt et celle d'un groupe écologique gypsophile; c'est pourquoi l'association est nommée par deux espèces représentatives de ces groupes.

III. — *Exploitation*

L'exploitation actuelle de ce milieu est exclusivement pastorale. Les travaux d'amélioration semblent peu rentables. A notre avis la seule possibilité d'amélioration serait d'y planter de l'arganier (*Argania spinosa*).

411-3 — *Groupements rudéraux*

Groupement 6. — *Association à Peganum harmala et Aizoon canariense*

I. — *Le Milieu*

A. — *Aire du groupement.* — Cette association a été étudiée dans l'île de Djerba et presque l'île de Zarzis.

B. — *Conditions climatiques.* — Elles sont les mêmes que celles des groupements précédents : P # 200; m # 7; Q # 30. Pluviosité à dominance automnale.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement des plaines sublittorales.

D. — *Conditions édaphiques.* — Il s'agit toujours d'alluvions sablo-limoneuses plus ou moins profondes; le trait dominant est le caractère nitratophile du milieu.

E. — *Conditions humaines et animales.* — Ce groupement s'observe autour des villages, des puits, le long des chemins et autres lieux constamment fréquentés par l'homme et ses animaux et plus ou moins couvert d'excréments et détritux divers.

II. — *La végétation*

A. — *Physionomie — Structure*

L'aspect du groupement est celui d'une pelouse très ouverte xérophile où la couverture végétale peut varier de 30 à 70 % de la surface du sol. Les espèces sont réparties en une seule strate de 5 à 30 cm de haut.

B. — Diagnose.

a) Groupe écologique rudéral

V² *Peganum harmala*
V² *Mesembryanthemum cristallinum*
V² *Calendula aegyptiaca*
V¹ *Emex spinosus*
IV² *Malva parviflora*
IV¹ *Carthamus lanatus*
IV¹ *Centaurea contracta*
III² *Aizoon canariense*

III² *Asphodelus fistulosus*
III¹ *Aizoon hispanicum*
II² *Notocera bicornis*
II¹ *Mesembryanthemum nodiflorum*
II¹ *Hordeum murinum*
II¹ *Marrubium alysson*
II⁺ *Chenopodium album*
I⁺ *Asphodelus tenuifolius*

b) Groupe écologique des limons et sables fins

IV³ *Launaea nudicaulis*
IV² *Filago prostrata*
III¹ *Reichardia tingitana* ssp. *discolor*
II⁺ *Vicia monantha* ssp. *cinerea*

I² *Asparagus stipularis*
I⁺ *Stipa retorta*
I⁺ *Plantago ovata*
I⁺ *Salvia lanigera*

c) Espèces de l'étage méditerranéen semi-aride

II² *Medicago Helix*
II² *Anagallis arvensis* ssp. *cœrulea*
II¹ *Nigella arvensis*
I² *Medicago truncatula*
I¹ *Minuartia geniculata*

I⁺ *Glaucium corniculatum*
I⁺ *Scorpiurus sulcata*
I⁺ *Astragalus baeticus*
I⁺ *Biarum Bovei*
I⁺ *Herniaria lenticulata*

d) Espèces de l'étage méditerranéen aride inférieur

I² *Convolvulus supinus*

I⁺ *Carduncellus eriocephalus*

e) Psammophytes de l'étage aride (s. l.)

V² *Lobularia libyca*
V² *Schismus barbatus* ssp. *calycinus*
IV³ *Centaurea dimorpha*
IV² *Aanacyclus cyrtolepidioides*
IV² *Astragalus cruciatus*
IV² *Anthemis tuberculata*
IV² *Launaea resedifolia* ssp. *eu-resedifolia*
IV² *Plantago albicans* ssp. *albicans*

III² *Galium olivetorum*
III² *Reseda decursiva* var. *eremophila*
II² *Lotus pusillus*
II² *Ifloga spicata*
II² *Diplotaxis simplex*
II¹ *Phalaris minor*
II⁺ *Cleome arabica* ssp. *arabica*
II⁺ *Lolium rigidum* var. *tenue*

C. — Biologie

Thérophytes	86,8 %
Géophytes	5,0 %
Hémicryptophytes	3,3 %
Chaméphytes	3,3 %
Phanérophytes	1,6 %

D. — Dynamisme

Cette végétation étant extrêmement dégradée il est difficile de définir des stades dynamiques. Il est toutefois permis de penser que, compte tenu du climat et du sol, la végétation primitive a pu être la forêt xérophile à genévrier de phénicie.

E. — Discussion — Interprétation

La composition floristique marque la prédominance des espèces rudérales et des psammophytes. On notera la présence d'un groupe d'espèces que l'on ne trouve généralement pas au Sud d'El Djem (groupe c). Le groupe d, au contraire, comprend deux espèces communes dans le Sahara septentrional. La présence simultanée de ces deux groupes justifie notre interprétation qui place Djerba à la limite des sous-étages arides : inférieur et supérieur.

411-4. — Groupements de dégradation forestière

Groupement 7. — Association à *Genista microcephala* var. *tripolitana* et *Teucrium alopecurus*

A. — *Aire du groupement.* — L'association est localisée dans les Monts des Matmatas entre les latitudes de Matmata et de Ghoumrassen; nous l'avons également retrouvée dans le Djebel tripolitain dans les régions de Djado-Jeffren - Tarhuna et Homs.

B. — *Conditions climatiques.* — C'est un groupement du bioclimat aride supérieur tempéré; dont $200 < P < 300$; $25 \leq Q < 35$ et $3 < m < 5$. Le maximum de pluviosité se situe en hiver.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement des basses montagnes puisqu'il se développe sur le relief entre 300 et 800 m.

D. — *Conditions édaphiques.* — L'édaphisme de ce groupement est étroitement lié à la nature lithologique du substrat géologique des Djebels où il se développe. Il s'agit toujours, en effet, de sols squelettiques où la roche-mère afflure dans de grandes proportions.

Deux cas sont à considérer suivant la nature de la roche-mère et sa profondeur.

a) *La roche-mère est un calcaire* plus ou moins dur et plus ou moins dolomitique; elle afflure dans de fortes proportions. Il n'y a pas de sol, sinon dans les interstices et les diaclases de la roche. Ces interstices constituent un micro-milieu relativement frais et riche en matières organiques.

b) *La roche-mère est une argile ou une marne* ou un calcaire colluvionné. Dans ce cas il y a un sol squelettique dont voici un profil :

Profil 1

0-2 — Litière de feuilles d'alfa non décomposées.

2-15 — Sable fin limoneux contenant de la matière organique non décomposée; structure particulière; friable; terriers d'insectes; couleur 7,5 YR 5/2 (brun).

Au delà — substrat calcaire dolomitique, dur, du Cénomanien.

Analyses : 2-15

2-15 — Mat. organ. : 5,8 %; cap. éch. : 10,4; calcaire total : 12 %.

Le caractère original et, *a priori* inattendu, de ces sols squelettiques est leur richesse en matière organique.

E. — *Conditions humaines et animales.* — La végétation, ici encore, est très dégradée : les plantes ligneuses sont recherchées comme combustible; les buissons sont tondus par les chèvres et l'alfa est surexploité par le bétail et la population.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

Suivant l'état de dégradation l'aspect physionomique est celui d'une garrigue très dégradée ou celui d'une steppe à chaméphytes. La couverture du sol est de l'ordre de 40 à 50 % en moyenne. On note une strate arbustive de 50-150 cm et une strate plus basse de 10-50 cm.

B. — Diagnose.

a) groupe d'espèces forestières résiduelles

II² *Juniperus phoenicea*
I¹ *Periploca loevigata*
I¹ *Rhus tripartitum*

I⁺ *Olea europaea* f. *oleaster*
I⁺ *Pistacia Lentiscus*
I⁺⁺ *Pistacia atlantica*

b) groupe écologique des compagnes de la forêt xérophile

V³ *Stipa tenacissima*
V² *Teucrium alopecurus*
V² *Rosmarinus officinalis* var. *trogodytarum*
V² *Thymus hirtus* var. *cinerascens*
III² *Genista microcephala* var. *tripolitana*
III² *Fumana thymifolia* var. *glutinosa*
III² *Reseda Duriaana*
II² *Dactylis glomerata* ssp. *hispanica*
II¹ *Helianthemum ruficomum*

II¹ *Ruta chalepensis* var. *bracteosa*
II¹ *Phagnalon saxatile*
I² *Ballota hirsuta*
I² *Cistus libanotis*
I¹ *Coris monspeliensis* var. *longispina*
I¹ *Centaurea tenuifolia*
I¹ *Prasium majus*
I¹ *Oryzopsis coerulescens*
I⁺ *Thymus capitatus*

c) groupe du sous-étage méditerranéen aride supérieur

IV² *Dianthus gaditanus* ssp. *byzacenus*

II² *Thymelaea hirsuta*
I⁺ *Asparagus albus*

d) groupe des sols squelettiques et à croûte

IV² *Herniaria Fontanesii*
III² *Atractylis serratuloides*

III² *Helianthemum Kahiricum*
II¹ *Gymnocarpus decander*
I² *Stipa parviflora* (1)

e) groupe écologique des sols à sables fins et limons

III² *Carrichtera annua*
III² *Stipa retorta*
III² *Diploaxis Harra*

II² *Didesmus bipinnatus*
II¹ *Ajuga iva* ssp. *pseudo-iva*
II¹ *Artemisia herba-alba*
I² *Asteriscus pygmaeus*

f) groupe gypsophile

I¹ *Moricandia arvensis* ssp. *suffruticosa*

I¹ *Pituranthos chloranthus* ssp. *Cossonianus*

g) groupe d'espèces de l'étage aride (s.l.)

IV² *Linaria aegyptiaca* ssp. *fruticosa*
IV² *Echium pycnanthum* ssp. *humile*
III² *Calycotome villosa* ssp. *intermedia*

II² *Koeleria pubescens* ssp. *Salzmanni*
II¹ *Plantago albicans* ssp. *albicans*
etc...

C. — Biologie

Chaméphytes	39,8 %
Thérophytes	29,3 %
Hémicryptophytes	18,9 %
Nanophanérophytes	10,3 %
Géophytes	1,7 %

D. — Dynamisme

Ce groupement dérive de la forêt climacique à genévrier de Phénicie; on rencontre encore quelques pieds de genévrier dans les endroits peu accessibles.

Il est encore possible de revenir au climax par mise en défens, bien que l'expérience montre que ce retour est très lent. L'accentuation de la dégradation produira un groupement steppique analogue à l'association n° 5.

E. — Discussion — Interprétation

Les groupes écologiques a, b et c constituent des groupes caractéristiques du sous-étage aride supérieur par rapport au sous-étage inférieur. Le groupe d, thermophile, caractérise les sols squelettiques (ou à croûte). Le groupe e est lié au mince horizon sablo-limoneux à limono-sableux des sols portant ce groupement. Suivant la profondeur de cet horizon, ou

(1) Etage aride supérieur.

simplement sa présence-absence, on aura deux faciès. Le faciès à *Rosmarinus officinalis* se développe sur les sols les plus squelettiques; le faciès à *Stipa tenacissima* couvre les sols pourvus d'un horizon meuble. Ces faciès sont déterminés par : la prédominance physiologique et l'abondance d'une part de *Rosmarinus* et du groupe *d*; d'autre part, de *Stipa tenacissima* et du groupe *e*. Plus la dégradation est accentuée plus on tend vers le faciès à *Rosmarinus*.

III. — Utilisation

A. — *Actuelle* — L'exploitation actuelle consiste en terrain de parcours pour les chèvres; cueillette et arrachage des espèces ligneuses (combustible) et de l'alfa (sperterie). Cette exploitation est abusive et inconsidérée. La comparaison de nos relevés et des listes établies dans la même zone par PITARD vers 1909 montre avec évidence une forte dégradation en 50 ans.

B. — *Potentielle*. — La seule possibilité d'amélioration serait de limiter le pacage, la cueillette de l'alfa, etc...; en un mot d'équilibrer les possibilités de production et d'exploitation. Des essais de plantation de pins d'Alep ont donné des résultats médiocres. Mais il est probable que le genévrier de Phénicie (planté et protégé) végéterait de façon normale. L'intérêt de la couverture forestière ne réside pas ici dans l'exploitation forestière elle-même, mais dans la régularisation des crues d'oueds qui en serait la conséquence.

La régularisation de ces crues — d'une extrême violence — est la condition *sine qua non* des possibilités de captage et de dérivation dans la plaine. *En effet, jusqu'ici, tous les barrages construits au débouché des oueds dans la plaine ont été balayés à la première crue.*

Groupement 8. — Association à *Moricandia arvensis* ssp. *suffruticosa*, *Reseda Alphonsi* et *Diplotaxis Harra*

I. — Le milieu

A. — *Aire du groupement*. — C'est un groupement des basses montagnes de l'Atlas saharien méridional, principalement des régions de Gafsa - Redeyeff, Tamerza, Metlaoui et de la chaîne des Chotts.

B. — *Conditions climatiques*. — Le climat de la région de Gafsa est plus contrasté que celui de la région littorale. Il est difficile de connaître de façon précise l'importance des chutes de pluies sur ces reliefs; il est probable que la moyenne se situe entre 200 et 250 mm. L'hiver est relativement froid : *m* se situe entre 2 et 4°.

C. — *Conditions topographiques*. — L'association se développe sur les flancs montagneux.

D. — *Conditions édaphiques*. — Les sols sont des lithosols et régosols formés de calcaire, marnes gypseuses et gypses souvent encroûtés. Aussi la végétation est-elle avant tout gypsophile.

E. — *Conditions humaines*. — La végétation est dégradée de longue date par l'homme et ses troupeaux. Les espèces ligneuses sont avidement recherchées par une population dépourvue de ressources.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

L'aspect est celui d'une steppe à chaméphytes très ouverte. La structure se résume en une seule strate qui couvre environ 20 % de la surface du sol et haute de 20-50 cm.

B. — *Diagnose*

a) groupe écologique des espèces orophiles-aridophiles

IV ¹ <i>Helianthemum virgatum</i> ssp. <i>ciliatum</i>	I ¹ <i>Mercurialis ambigua</i> (1)
III ¹ <i>Globularia Alypum</i> var. <i>eriocephala</i>	I ¹ <i>Senecio flavus</i>
II ¹ <i>Celsia Ballii</i>	I ¹ <i>Cotyledon Umbilicus Veneris</i> ssp. <i>horizontalis</i>
II ¹ <i>Eryngium glomeratum</i>	I ¹ <i>Rumex simpliciflorus</i>
II ¹ <i>Rumex vesicarius</i>	I ¹ <i>Poa bulbosa</i> ssp. <i>concinna</i>
I ¹ <i>Scrophularia arguta</i>	I ⁺ <i>Capparis spinosa</i> var. <i>rupestris</i>
	I ⁺ <i>Sedum sediforme</i>

b) groupe écologique des éboulis de pente

IV ² <i>Ononis natrix</i> ssp. <i>filifolia</i>	IV ¹ <i>Forskhalea tenacissima</i>
	I ⁺ <i>Ferula tunetana</i>

c) groupe écologique gypsophile

V ²⁻³ <i>Moricandia arvensis</i> ssp. <i>suffruticosa</i>	II ² <i>Pteranthus dichotomus</i>
IV ² <i>Erodium glaucophyllum</i>	II ² <i>Launaea quercifolia</i> var. <i>quercifolia</i>
III ² <i>Nasturtiopsis coronopifolius</i>	II ² <i>Launaea angustifolia</i>
III ² <i>Reseda Alphonssi</i>	II ¹ <i>Coris monspeliensis</i> var. <i>syrtica</i>
III ² <i>Astragalus armatus</i> ssp. <i>tragacanthoides</i>	II ¹ <i>Lonchophora capiomontana</i>
III ¹ <i>Reaumuria vermiculata</i>	I ² <i>Helianthemum crassifolium</i> ssp. <i>glaucum</i>
	I ¹ <i>Annarhinum brevifolium</i>

d) groupe des reliques et compagnes de la forêt xérophile

IV ² <i>Stipa tenacissima</i>	I ⁺ <i>Rhus tripartitum</i>
III ⁺ <i>Thymus hirtus</i> var. <i>cinerascens</i>	I ⁺ <i>Juniperus phoenicea</i>
II ⁺ <i>Lavandula multifida</i>	I ⁺ <i>Oryzopsis coerulescens</i>
I ¹ <i>Ruta chalepensis</i> ssp. <i>bracteosa</i>	I ⁺ <i>Rhamnus lycioides</i> ssp. <i>velutina</i>
	I ⁺ <i>Periploca laevigata</i>

e) groupe écologique des sols squelettiques ou à croûte

IV ² <i>Anabasis oropediorum</i>	II ² <i>Erodium hirtum</i>
IV ¹ <i>Atractylis serratuloides</i>	II ² <i>Gymnocarpus decander</i>
III ² <i>Helianthemum Kahiricum</i>	II ¹ <i>Stipa parviflora</i>
	I ² <i>Herniaria Fontanesii</i>

f) groupe écologique des sols à sables fins et limons

V ²⁻³ <i>Diplotaxis Harra</i> ssp. <i>Harra</i>	III ¹ <i>Asteriscus pygmaeus</i>
V ² <i>Artemisia herba alba</i>	III ⁺ <i>Vella annua</i>
IV ² <i>Arthrophytum scoparium</i> var. <i>articulatum</i>	II ² <i>Stipa retorta</i>
III ² <i>Plantago ovata</i>	II ¹ <i>Didesmus bipinnatus</i>

g) groupe écologique des marnes gypseuses érodées

<i>Mesembryanthemum nodiflorum</i>	<i>Pteranthus dichotomus</i>
<i>Chrysanthemum fuscum</i>	<i>Nasturtiopsis coronopifolius</i>

C. — *Biologie*

Thérophytes	37,8 %
Chaméphytes	35,7 %
Hémicryptophytes	20,6 %
Géophytes	4,6 %
Nanophanérophytes	2,3 %

D. — *Dynamisme*

Ce groupement très dégradé provient de la régression de la forêt xérophile à *Juniperus phoenicea* (groupe d).

(1) Saxicole et nitrophile.

E. — Discussion — Interprétation

Les espèces les plus abondantes et les plus constantes sont celles des groupes *b*, *c*, *e*, *f*. Principalement *Moricandia suffruticosa* et *Diplotaxis Harra*. Cette dernière espèce est d'ailleurs également gypsophile.

L'abondance des espèces des groupes *a* et *d* dans certains relevés sont l'indice d'une dégradation moins intense.

On distingue une sous-association typique à *Atractylis serratuloides* sur lithosols : groupes *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* et une sous-association à *Mesembryanthemum nodiflorum* sur regosols (marnes gypseuses) : groupes *a*, *c*, *f*, *g*.

III. — Utilisation

Ce milieu est un médiocre pâturage à chèvres sans possibilités réelles d'améliorations.

411-5. — Groupements des sols sablo-limoneux steppiques

Groupement 9. — Association à *Rhaponticum acaule*, *Lygeum spartum* et *Helianthemum hirtum* ssp. *ruficomum*

I. — Le milieu

A. — *Aire du groupement*. — C'est une association des Matmatas et du Djebel tripolitein : Matmata, Ksar Techine, Beni Kheddache, Ghoumrhassen, Jeffren, Jado, Zentan.

B. — *Conditions climatiques*. — Climat méditerranéen aride supérieur, variante à hivers tempérés : $200 < P < 300$; $3 < m < 5$; $25 < Q < 35$.

C. — *Conditions topographiques*. — Plateaux et collines de moyenne et basse altitude entre 300 et 800 m.

D. — *Conditions édaphiques*. — C'est la végétation caractéristique des loess tuniso-lybiens. Voici un profil étudié dans la région de Matmata :

Profil 2

0-250 — Limon sableux à nombreux nodules calcaires friables noyés dans la masse; structure nuciforme assez serrée; rares petits cristaux de gypse; couleur 5 YR 6/6 (jaune-rougeâtre).

Analyses :

Humidité équivalente	12,5 %
Capacité d'échange	10,2 milliéqu. %
CO ₂ total	21 %
SO ₄ Ca 2H ₂ O	3 %
pH	8,2

Granulométrie (43)

Ø, en µ	2 000 à 200	100 à 200	50 à 100	20 à 50	2 à 20	— de 2
%	0	5	49	15	18	13

(43) La comparaison des chiffres de ce tableau avec les courbes de la page 88 montre une grande homogénéité dans la granulométrie du loess tuniso-lybien (fig. n° 17 et 18).

Ce profil peut avoir une variante à croûte ou encroûtement calcaire ou couvrir superficiellement une roche dure (calcaire $\pm$ dolomitique). Ces variations dans le profil déterminent une sous-association.

E. — *Conditions humaines et animales.* — Le sol portant ce groupement est parfois cultivé; il s'agit d'une culture sommaire et épisodique. Entre temps c'est un terrain de parcours à moutons.

III. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

C'est une steppe plus ou moins ouverte de physionomie variable selon que le sol a été cultivé plus ou moins récemment. On distingue une strate de 30-50 cm constituée de chaméphytes et une strate 10-30 cm constituée principalement d'annuelles et d'hémicryptophytes. La couverture du sol est variable en fonction de l'utilisation humaine, elle se situe entre 30 et 90 %.

B. — *Diagnose*

I. — *Groupe éco-climatique d'espèces $\pm$ psammophiles liées à l'étage aride (S.L.)*

V ³ <i>Artemisia campestris</i>	II ² <i>Picris coronopifolia</i> ssp. <i>eucoronopifolia</i>
V ² <i>Plantago albicans</i> ssp. <i>albicans</i>	II ² <i>Thymelaea microphylla</i>
V ² <i>Linaria aegyptiaca</i> ssp. <i>fruticosa</i>	II ² <i>Silene colorata</i> var. <i>Oliveriana</i>
IV ² <i>Salvia lanigera</i>	II ² <i>Echiochilon fruticosum</i>
IV ² <i>Astragalus cruciatus</i> ssp. <i>Linkianus</i>	II ² <i>Echinops spinosus</i>
IV ² <i>Anacyclus cyrtolopidioides</i>	II ² <i>Argyrolobium uniflorum</i>
III ² <i>Astragalus caprinus</i> ssp. <i>lanigerus</i>	II ² <i>Reseda arabica</i>
III ² <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>	II ² <i>Reseda decursiva</i> var. <i>eremophila</i>
III ² <i>Elizaldia violacea</i> ssp. <i>multicolor</i>	I ² <i>Artemisia campestris</i> var. <i>odoratissima</i>
	I ¹ <i>Atractylis flava</i>

2. — *Groupe éco-climatique différentiel du sous-étage aride supérieur*

V ² <i>Rhaponticum acaule</i> (2)	II ² <i>Vulpiella stipoides</i> (3)
III ² <i>Scilla peruviana</i>	II ² <i>Micropus bombycinus</i>
III ² <i>Catapodium loliaceum</i> (3)	I ² <i>Lithospermum apulum</i>
II ² <i>Onopordon Espinae</i> (2)	I ¹ <i>Coronilla scorpioides</i> (2)
II ² <i>Gladiolus segetum</i> (2)	I ¹ <i>Scorzonera undulata</i> (3)

a) *groupe écologique des limons et sables fins*

III ² <i>Enarthrocarpus clavatus</i>	II ² <i>Reichardia tingitana</i>
III ¹ <i>Asteriscus pygmaeus</i>	II ² <i>Diplotaxis Harra</i> (1)
III ¹ <i>Vicia monantha</i> ssp. <i>calcarata</i>	II ² <i>Didesmus bipinnatus</i>
II ² <i>Stipa retorta</i>	I ¹ <i>Ajuga pseudo iva</i>
II ² <i>Launaea nudicaulis</i>	II ¹ <i>Vella annua</i>
II ² <i>Artemisia herba alba</i>	I ² <i>Volutaria Lippii</i>
II ² <i>Eruca vesicaria</i> ssp. <i>longirostris</i>	I ¹ <i>Salvia aegyptiaca</i>

b) *groupe écologique gypsophile*

V ² <i>Lygeum spartum</i>	II ¹ <i>Pteranthus dichotomus</i>
IV ² <i>Broteroa amethystina</i> (1)	II ¹ <i>Pituranthos chloranthus</i> ssp. <i>Cossonianus</i>
II ¹ <i>Launaea angustifolia</i>	I ² <i>Erodium glaucophyllum</i>
	I ¹ <i>Reseda Alphonsi</i>

- (1) Gypsophile.
- (2) Limonophile.
- (3) Psammophile.
- (4) Localisé dans le sous-étage aride supérieur.

c) groupe écologique des sols à croûte

II² *Stipa parviflora* (5)
 II² *Scilla villosa*
 II² *Gymnocarpus decander*

II² *Atractylis serratuloides*
 II² *Helianthemum Kahircum*
 I² *Herniaria Fontanesii*
 I¹ *Erodium hirtum*

d) groupe d'espèces compagnes de la forêt xérophile

V² *Helianthemum hirtum* ssp. *ruficomum* (5)
 IV² *Thymus hirtus* var. *cinerascens* (5)
 II² *Fumana thymifolia* var. *glutinosa* (5)
 II² *Dactylis glomerata* ssp. *hispanica* (5)
 II¹ *Fagonia cretica* (5)

I² *Teucrium alopecurus*
 I² *Phagnalon rupestre*
 I² *Stipa tenacissima*
 I² *Helianthemum ledifolium* var. *microcarpum* (5)

C. — **Biologie**

Thérophytes	51,7 %
Chaméphytes	21,4 %
Hémicryptophytes	18,0 %
Géophytes	7,3 %
Nanophanéophytes	1,6 %

D. — **Dynamisme**

Le groupe d montre que l'association dérive de la forêt xérophile à *Juniperus phoenicea* dont ces espèces sont les compagnes. Il est hautement probable que, mis en défens, ce groupement reviendrait assez rapidement à la forêt climacique.

E. — **Discussion — Interprétation**

On distingue deux groupements :

— La sous-association type et la sous-association à *Stipa parviflora*.

La sous-association à *Stipa parviflora* se caractérise par la présence du groupe écologique c, l'abondance du groupe d, et par la rareté des espèces des groupes a et 2. La sous-association typique se différencie par l'absence du groupe c et la meilleure représentation des groupes a et 3. Le groupe 1 est commun à l'ensemble de l'association.

La sous-association typique correspond aux loess profonds dont le profil est décrit ci-dessus. La sous-association à *Stipa parviflora* correspond à des loess peu profonds en raison de la présence d'une croûte calcaire, ou d'une roche dure près de la surface du sol. Cette sous-association sera d'autant plus typique que la croûte et la roche dure sont près de la surface; il existe tous les intermédiaires entre les deux types extrêmes en fonction de la compacité et de la profondeur de la croûte ou de la roche.

La sous-association à *Stipa parviflora*, dans sa plénitude assure la transition entre l'association à *Rhaponticum acaule* et celle à *Genista microcephala* var. *tripolitana*.

III. — **Utilisation**

A. — **Actuelle.** — La sous-association à *Stipa parviflora* sert de terrain de parcours; la sous-association typique est cultivée épisodiquement en céréales.

B. — **Potentielle.** — La sous-association à *Stipa parviflora* est justiciable des méthodes d'amélioration pastorale et devrait alors pouvoir nourrir un mouton sur deux hectares.

La sous-association typique peut être valorisée par des travaux d'hydrologie superficielle et convenir alors à l'arboriculture. La texture du sol est déjà trop fine pour permettre les cultures vivaces en « dry farming ».

(5) Localisé dans le sous-étage aride supérieur.

411-6. — Groupements des steppes sablonneuses continentales

Groupement 10. — Variante à *Eragrostis papposa* et *Thymelaea hirsuta* de l'association à *Arthrophytum Schmittianum* var. *prostratum* et *Thymelaea microphylla*

I. — Le milieu

A. — *Aire du groupement.* — Cette variante a été étudiée au Nord et l'Ouest de Gafsa : Redeyeff, Sidi Aich, Maadjen Bel Abbès, Bir el Ater.

B. — *Conditions climatiques.* — Le climat de ces régions se situe dans la variante à hivers frais à la limite des sous-climats inférieur et supérieur du climat aride : P # 200; m # 3; Q # 25.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement des plaines steppiques alluviales situées entre 300 et 600 m d'altitude.

D. — *Conditions édaphiques.* — Cette végétation se développe sur des alluvions sablonneuses plus ou moins évoluées de texture $\pm$ grossière. Le sol type est soit du groupe des sols bruns sub-désertiques ou du groupe des alluvions pour la variante typique et du groupe des sols gris sub-désertiques ou des alluvions sur croûte quaternaire pour la sous-variante à *Atractylis serratuloides*.

Profil moyen du sol de la variante typique :

Profil 3

- 0- 48 — Sable demi-grossier peu limoneux; structure particulière à tendance nuciforme; humide; HC1⁺⁺; racines, radicelles nombreuses; couleur 5 YR 6/6 (jaune-rougeâtre).
- 48- 85 — Sable demi-grossier peu limoneux à structure particulière serrée; pseudo-mycéliums calcaires; humide; gros cailloux calcaires roulés peu usés; quelques nodules calcaires farineux; HC1⁺⁺; racines et radicelles; couleur 5 YR 4/6 (rouge-jaunâtre).
- 85-132 — Sable demi-grossier peu limoneux à structure particulière serrée tendant à nuciforme; sec; racines, radicelles; rares cailloux de 1 à 10 cm de diamètre; HC1⁺⁺; débris d'Helix; couleur 5 YR 6/6 (jaune-rougeâtre).
- 132-230 — Sable demi-grossier peu limoneux à structure particulière; assez nombreux nodules calcaires farineux de 0,5 à 2 cm de diamètre; racines et radicelles; HC1⁺⁺; couleur 5 YR 5/8 (rouge-jaunâtre).

Analyses

Analyses physiques — Groupement typique

Profond.	Granulométrie								Extrait de pâte saturée				He
	STG	SG	S $\frac{1}{2}$ G	S $\frac{1}{2}$ F	SF	STF	L	Coll. Min.	pour 1000		Conduc- tivité mmhos	% satura- tion	
	2000 μ à 1000	1000 à 500	500 à 200	200 à 100	100 à 50	50 à 20	20 à 2	- de 2 μ	Cl ⁻	RS			
0 - 48	4	14	23	15	24	7	6	7	0,17	0,26	0,5	18,2	7,0
48 - 85	7	17	23	13	20	6	6	8	0,17	0,74	1,3	18,6	6,6
85 - 132	5	14	21	15	22	8	7	8	0,17	0,82	1,45	20,4	8,0
132 - 230	7	13	22	16	20	8	6	8	0,17	0,56	1	21,6	7,0

Analyses chimiques

Profond.	Milliequivalents %				% terre sèche						pH
	capacité échange			Na % de Tc	CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Cl	SO ₄	SO ₄ Ca 2H2O	Cl Na	
	T	Tcorr	Na								
0 - 48	5,1	5,6	0,1	1,8	14,5	5	0,01	0,61	1,1	0,016	8
48 - 85	6,6	7,3	0,1	1,4	10,2	8,5	0,005	0,61	1,1	0,008	8,1
85 - 132	5,2	5,6	0,1	1,7	14,5	6,5	0,005	0,70	1,2	0,008	8,0
132 - 230	5,9	6,5	0,1	1,5	14,9	5,5	0,005	0,70	1,2	0,008	8,1

Il s'agit donc, dans le cas de ce profil, d'alluvions à texture moyennement grossière qui ont subi sur place une évolution pédogénétique par libération partielle du fer et migration du calcaire. On notera les faibles quantités de gypse révélées par l'analyse. Les profils des autres relevés diffèrent peu de celui-ci. Les différences éventuelles ont trait à la présence de nodules en plus ou moins grande abondance, et à de légères fluctuations dans la granulométrie. Le profil peut montrer un encroûtement calcaire peu profond : il détermine alors une sous-variante à *Atractylis serratuloides* et *Stipa parviflora*. Voici un profil à encroûtement.

Profil 4

- 0- 35 — Sable demi-grossier légèrement limoneux; quelques cailloux roulés de 5 à 20 mm de diamètre; structure particulière assez lâche. Couleur gris beige.
 - 35- 50 — Sable grossier à *encroûtement calcaire* tendre discontinu et cailloutis, cimenté par le calcaire; gris beige rosé.
 - 50- 85 — Sable grossier avec assez nombreux petits cailloux roulés de 5 à 30 mm de diamètre; HC1⁺⁺; structure serrée; gris beige.
 - 85-100 — Lit de cailloutis calcaire de 5 à 50 mm de diamètre.
 - 100-140 — Sable grossier avec quelques nodules calcaires très tendres; structure serrée; grisâtre.
 - 140-150 — Nombreux cailloux roulés de calcaire et silex de 2 à 100 mm de diamètre.
 - 150-205 — Sable grossier gris-beige avec quelques nodules calcaires tendres. Structure serrée, particulière.
- et au-delà

Interprétation : Groupe des sols gris sub-désertiques, sous-groupe à imprégnation calcaire. Famille des sols sur alluvions; série à profil profond; type à texture grossière; phase steppique.

E. — Conditions humaines et animales

C'est un terrain de parcours pour moutons et chèvres.

II. — La végétation

A. — Physionomie — Structure

Physionomiquement ce groupement est une steppe ouverte à chaméphytes.

La structure comprend deux strates : l'une de 20 à 50 cm est formée de chaméphytes, l'autre de 1-30 cm comprend les thérophytes et hémicryptophytes. La couverture végétale peut varier de 40 à 80 %.

B. — Diagnose

A) groupe écologique psammophile de l'étage aride inférieur; caractéristique physionomique de l'association (s.l.)

V² *Thymelaea microphylla*
V² *Arthrophytum Schmittianum*
var. *prostratum*
III² *Aristida obtusa*

III² *Reseda arabica*
III² *Danthonia Forsskahlei*
III² *Neurada procumbens*
III¹ *Cutandia dichotoma* var. *memphitica*
II¹ *Malva aegyptia*

1) groupe écologique psammophile de l'étage aride supérieur

V² *Eragrostis papposa*
V² *Thymelaea hirsuta*
V² *Stipa parviflora* (1)
IV² *Aristida plumosa* ssp. *eu-plumosa*

IV² *Astragalus cruciatus* ssp. *Linkianus*
III² *Erodium triangulare* ssp. *laciniatum*
III² *Echinops spinosus* ssp. *Bovei*
II¹ *Paronychia argentea*
II¹ *Dianthus crinitus*

a) groupe d'espèces psammophiles de l'étage aride (s.l.)

V² *Helianthemum Lippii* var. *sessiliflorum*
V²⁻³ *Echiochilon fruticosum*
V³ *Plantago albicans* ssp. *albicans*
V² *Argyrobium uniflorum*
V² *Fagonia glutinosa*
IV² *Pituranthos tortuosus* var. *virgatus*
III² *Artemisia campestris*

III¹ *Silene arenarioides*
III² *Carduus gaetulus*
III² *Launaea resedifolia* ssp. *eu-resedifolia*
III² *Anthemis pedunculata* var. *decumbens*
III² *Ifloga spicata*
III¹ *Atractylis flava*
II² *Cleome arabica* ssp. *arabica*
II² *Lotus pusillus*

c) groupe écologique des croûtes et encroûtements

V² *Atractylis serratuloides*
V¹ *Anabasis oropetiorum*
V¹ *Helianthemum Kahircicum*

III¹ *Gymnocarpus decander*
III¹ *Herniaria Fontanesii*
II¹ *Scilla villosa*

C. — Biologie

Thérophytes	38,0 %
Hémicryptophytes	28,5 %
Chaméphytes	26,2 %
Géophytes	7,3 %

D. — Dynamisme

Connaissant les conditions édaphiques et climatiques, on peut penser que cette steppe dérive de la forêt xérophile primitive. Elle a été cultivée à l'époque romaine comme l'attestent les vestiges d'industries oléicoles qu'on peut y observer.

E. — Discussion — Interprétation

Les groupes écologiques A et I montrent qu'il s'agit d'un groupement de transition climatique entre les sous-climats arides supérieur et inférieur.

Ce groupement est intermédiaire entre l'association à *Artemisia campestris* et *Plantago albicans* décrite par LONG et notre association à *Thymelaea microphylla* et *Arthrophytum Schmittianum* décrite plus loin (groupement 17).

Les sols portant les trois groupements sont identiques : sols sableux profonds; les différences observées dans la composition floristique sont donc imputables au climat.

En fait l'association à *Artemisia campestris* et *Plantago albicans*, se développe à la limite des climats aride et semi-aride de la région de Sbeitla - Kasserine - Bou-Driès. Notre variante à *Eragrostis papposa* se situe à la limite des sous-climats arides supérieur et inférieur

(1) Calcarophile, thermophile.

tandis que l'association typique à *Thymelae microphylla* et *Arthrophtum Schmittianum* se développe dans le sous-climat aride inférieur.

Du point de vue édaphique, on distingue la variante typique, et une sous-variante à *Atractylis serratuloides* caractérisée par le groupe écologique c. Cette sous-variante correspond à la présence d'un encroûtement calcaire dans le profil. On notera que le groupe écologique des croûtes est assez discrètement représenté; cela résulte du fait qu'il s'agit ici d'un encroûtement friable discontinu, perméable aux racines; non d'une croûte zonaire. La croûte zonaire superficielle donne naissance à une autre association (à *Stipa tenacissima* et *Artemisia campestris*). *Stipa parviflora* est liée à la fois à l'étage aride supérieur et à la présence d'un horizon riche en calcaire (pas forcément encroûté) à nodules. L'accumulation éolienne est marquée par un groupe g et l'appoint d'eau par un groupe f (cf. écogramme du groupe-ment 17).

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — Cette végétation est utilisée comme pâturage et peut nourrir en moyenne un mouton sur 2 ou 3 hectares; ce qui correspond à une production de 150 à 200 U.F. par hectare et par an.

B. — **Potentielle.** — Le milieu défini par ce groupement mériterait des essais d'oléiculture en sec. Il est fort probable que cette spéculation y soit rentable; les données climatiques et édaphiques semblent propices et les vestiges d'industrie oléicole romaine y sont très nombreux. Il est toutefois difficile de l'affirmer catégoriquement en l'absence d'expérimentation. La possibilité technique de la culture ne fait pas de doute, seule la rentabilité de l'opération reste à démontrer.

412. — SOUS-ÉTAGE INFÉRIEUR (ÉTAGE ARIDE)

412-1. — Groupements des steppes arénicoles littorales à *Rhantherium suaveolens* et *Stipa Lagascae*

I. — Généralités

La steppe à *Rhantherium suaveolens* occupe d'immenses surfaces dans le sud-est tunisien et en Libye. Cette steppe montre une grande uniformité physionomique due à la dominance du petit buisson touffu, grisâtre qu'est *Rhantherium suaveolens*. Cette uniformité physionomique montre dans le détail des différences très sensibles dues au climat et au sol. Cette steppe à chaméphytes se développe depuis la limite du sous-étage aride supérieur jusque dans l'étage saharien. Elle recouvre également des sols très différents, mais qui présentent toujours en surface un horizon de sable demi-grossier à demi-fin. Donc nous aurons une série de groupes écologiques différentiels liée au climat et une autre série liée au sol. Nous les schématisons dans l'écogramme ci-dessous. Dans ce tableau les chiffres indiquent des groupes écologiques climatiques; les lettres des groupes écologiques édaphiques.

Ecogramme

Nous avons donc ici 5 variantes climatiques, 6 combinaisons édaphiques qui donnent 30 groupements végétaux possibles dont 28 ont été observés effectivement.

La définition de ces 30 groupements est assez complexe à exposer; il convient donc de définir tout d'abord les groupes écologiques.

II. — Groupes écologiques

A. — Groupes édaphiques

AA. — Liste des groupes

a) groupe écologique psammophile de l'étage aride (s.l.)

V ³ <i>Plantago albicans</i>	IV ¹ <i>Linaria aegyptiaca</i> ssp. <i>fruticosa</i>
V ² <i>Fagonia glutinosa</i>	III ² <i>Pituranthos tortuosus</i> var. <i>virgatus</i>
V ² <i>Echiochilon fruticosum</i>	III ² <i>Schismus barbatus</i> ssp. <i>calycinus</i>
V ² <i>Argyrolobium uniflorum</i>	III ² <i>Cutandia dichotoma</i> var. <i>memphitica</i>
IV ² <i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>eu-resedifolia</i>	III ² <i>Pituranthos tortuosus</i> var. <i>tortuosus</i>
IV ² <i>Koeleria pubescens</i> ssp. <i>Salzmannii</i>	III ² <i>Aristida obtusa</i>
IV ² <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>	III ¹ <i>Daucus syrticus</i>
IV ² <i>Matthiola longipetala</i> ssp. <i>Kralikii</i>	III ¹ <i>Aristida plumosa</i>
IV ² <i>Ifloga spicata</i>	III ¹ <i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>

Ecogramme

A						
groupes climatiques groupes édaphiques	I	II	III	IV	V	groupes climatiques Sols
a	A-I-a	A-II-a	A-III-a	A-IV-a	A-V-a	Sables profonds non mobiles
a + b	A-I-a-b	A-II-a-b	A-III-a-b	A-IV-a-b	A-V-a-b	Sables mobiles profonds
a + c	A-I-a-c	A-II-a-c	A-III-a-c	A-IV-a-c	A-V-a-c	Sables sur croûte calcaire
a + c + d	A-I-a-c-d	A-II-a-c-d	A-III-a-c-d	A-IV-a-c-d	A-V-a-c-d	Sables sur croûtes gypseuses
a + b + c	A-I-a-b-c	A-II-a-b-c	A-III-a-b-c	A-IV-a-b-c	A-V-a-b-c	Sables mobiles sur croûte calcaire
a + b + d	A-I-a-b-d	A-II-a-b-d	A-III-a-b-d	A-IV-a-b-d	A-V-a-b-d	Sables mobiles sur croûte gypseuse
groupes édaphiques Climats	Q = 30	Q = 25	Q = 20	Q = 15	Q = 10	Sols Climats

b) groupe écologique des sables mouvants de l'étage aride (s.l.)

Retama raetam
Nolletia chrysocomoides
Aristida pungens

Rumex tingitanus var. *lacerus*
Danthonia Forskahlei

c) groupe écologique des croûtes

V² *Gymnocarpos decander*
V² *Atractylis serratuloides*
V² *Helianthemum Kahiricum*

IV² *Herniaria Fontanesii*
III¹ *Anabasis oropediorum*

d) groupe écologique gypsophile

Lygeum spartum
Launaea angustifolia
Helianthemum Lippii var. *intricatum*

Erodium glaucophyllum
Lycium arabicum
Pituranthos chloranthus ssp. *Cossonianus*

AB. — *Discussion — Interprétation*

Selon la nature des horizons superficiels du profil de sol on aura donc les combinaisons édaphiques suivantes :

- a* — sables profonds non mobiles
- ab* — sables mobiles sur sables profonds
- ac* — sables non mobiles sur croûte (44) calcaire
- acd* — sables non mobiles sur encroûtement gypseux ou calcaro-gypseux
- bc* — sables mobiles sur croûte calcaire
- bcd* — sables mobiles sur croûte calcaro-gypseuse ou gypseuse.

Lorsque les groupes *c* et *cd* sont à l'état isolés (sans *a* ni *b*) la croûte est en surface et on a à faire à d'autres associations où les psammophiles manquent. Le groupe *d* ne peut exister isolément puisque *c* indique la croûte sans en préciser la nature, donc si *c* est seul on a une croûte calcaire, si on a *cd* on a à faire à un encroûtement gypseux ou calcaro-gypseux. La différence entre l'encroûtement gypseux et calcaro-gypseux se traduit dans la composition floristique par des différences quantitatives; si les espèces du groupe *d* sont abondantes l'encroûtement est calcaro-gypseux.

B. — *Groupes climatiques*

BA. — *Liste des groupes*

1) groupe lié au sous-étage aride supérieur (Q = 30)

Dianthus crinitus
Pergularia tomentosa

Echinops spinosus ssp. *Bovei*

2) groupe de la zone de contact des sous-étages aride supérieur et inférieur (Q = 25)

Eragrostis papposa
Eragrostis Barrelieri
Hypparhenia hirta

Cutandia divaricata
Atractylis flava ssp. *candida*
Thymelaea hirsuta

3) groupe de la portion moyenne du sous-étage aride inférieur (Q = 20)

Artemisia campestris
Paronychia arabica var. *Cossoniana*

Astragalus caprinus ssp. *lanigerus*
Marrubium deserti
Atractylis flava ssp. *citrina*

(44) Le mot croûte est entendu ici au sens large : croûte zonale ou bien encroûtement, sauf indication contraire; dans ce cas nous employons le terme de « croûte zonale » ou de « dalle rubannée ».

4) groupe de la portion inférieure du sous-étage aride inférieur (Q = 15)

Asphodelus refractus
Carduncellus eriocephalus

Malva aegyptia
Picris coronopifolia ssp. *saharae*
Linaria laxiflora

5) groupe de l'étage saharien supérieur (Q = 10)

Savignya parviflora ssp. *longistyla*
Arthrophytum Schmittianum
var. *Schmittianum*

Stephanochilus omphalodes
Centaurea furfuracea
Anthyllis sericea var. *Henoniana*

BB. — *Discussion — Interprétation*

L'interprétation de ces groupes est assez délicate; chaque groupement se caractérise autant par la présence d'un groupe que par l'absence d'autres groupes :

I se caractérise par la présence de 1-2-3 et l'absence de 4-5

II se caractérise par la présence de 2-3 et l'absence de 1-4-5

III se caractérise par la présence de 3 et l'absence de 1-2-4-5

IV se caractérise par la présence de 3-4 et l'absence de 1-2-5

V se caractérise par la présence de 4-5 et l'absence de 1-2-3.

L'on a donc progression continue d'un pôle 1 à l'autre 5; de l'étage aride supérieur à l'étage saharien.

C. — Groupe physionomique lié à la steppe à *Rhantherium suaveolens* et *Stipa Lagascae* (s.l.)

Groupe A

V³ *Rhantherium suaveolens*
V² *Salsola vermiculata* var. *brevifolia*

IV² *Stipa Lagascae* var. *pubescens*
III² *Polygonum equisetiforme*

III. — *Classification*

Des faits exposés ci-dessus, il résulte que le groupe physionomique A est présent partout : Les groupes 4 et 5 sont absents dans I-II-III et les groupes 1 et 2 sont absents dans III, V et IV, de plus 3 se trouve très appauvri dans IV. Nous sommes donc conduits à diviser la steppe à *Rhantherium* en deux associations : une association groupant I-II-III et une association groupant IV-V.

Nous appellerons la première association : Association à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris*; la seconde étant l'association à *Rhantherium suaveolens* et *Asphodelus refractus*. L'association *Rhantherium* et *Artemisia* présentera 3 variantes : l'association typique (III), la variante à *Eragrostis papposa* (II) et la variante à *Dianthus crinitus* (I).

L'association à *Rhantherium* et *Asphodelus* présentera deux variantes : l'association typique (IV) et la variante à *Savignya longistyla* (V).

Chaque association possèdera au moins 6 sous-associations :

- à *Atractylis serratuloides* (c)
- à *Retama raetam* (b)
- à *Lygeum spartum* (d)
- à *Retama raetam* et *Atractylis serratuloides* (b + c)
- à *Retama raetam* et *Lygeum spartum* (b + d)
- à *Lygeum spartum* et *Atractylis serratuloides* (c + d).

De même chaque variante possèdera 6 sous-variantes définies par les mêmes groupes édaphiques.

**Groupe ment 11. — Association à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris*
(variante typique)**

A. — **Aire.** — Ce groupement a été étudié dans les régions de Gabès, La Skirra, Le Chahal, Médénine, Zarzis.

B. — **Climat.** — Le climat de ces régions est défini par un indice d'EMBERGER voisin de 20 et *m* voisin de 6. La pluviosité varie de 140 à 180 mm. Il s'agit donc du climat aride, sous-climat inférieur, variante à hiver doux.

C. — **Topographie.** — C'est un groupement des basses plaines entre 0 et 200 m d'altitude.

D. — **Sol.** — Ainsi que nous l'avons vu ci-dessus la nature du sol est variable selon la sous-association à laquelle on s'adresse. Toutefois un caractère est constant : la présence d'une horizon sableux en surface.

Voici un profil moyen de l'association typique.

Profil 5

- 0- 10 — Sable fin éolien; structure particulière lâche; sec; couleur 7,5 YR 6/6; HCl⁺.
- 10- 60 — Sable fin à structure particulière lâche; quelques petits nodules calcaires de 0,2 à 0,5 cm de diamètre à la partie inférieure; HCl⁺; racines et radicelles; couleur 5 YR 6/6 (jaune rougeâtre); assez sec.
- 60-100 — Sable fin un peu limoneux à structure particulière serrée et très nombreux nodules calcaires farineux; racines; HCl⁺⁺; couleur 5 YR 6/6 (jaune-rougeâtre).

Analyses. — Interprétation

Sol brun subdésertique surmonté d'un léger voile éolien. On notera la présence de 1 % de gypse dans ce sable éolien; ce même voile éolien présente 82 % de sa capacité d'échange en Sodium. Ces faits peuvent être interprétés comme un des mécanismes de formation des encroûtements gypseux à partir des poussières éoliennes. On notera la pauvreté de ces sols en N et P et l'absence de K.

E. — Conditions humaines et animales

Cette steppe est fortement marquée par l'homme et ses troupeaux; elle constitue un bon terrain de parcours pour la région.

II. — La végétation

A. — Physionomie — Structure

C'est une steppe à chaméphytes tout à fait typique, relativement peu dégradée. On distingue deux strates : une strate 20-50 constituée principalement à *Rhantherium suaveolens* qui couvre 20 à 40 % de la surface à lui seul. C'est un buisson touffu, grisâtre, haut de 30 à 50 cm, subspinescent. Dans les touffes de *Rhantherium* abritées de la dent des animaux, se développent les graminées pérennes. Entre les touffes de *Rhantherium* une seconde strate de 10-30 cm est constituée de thérophytes et hémicryptophytes. La couverture totale est de l'ordre de 40-90 %.

B. — Diagnose

A) groupe physionomique de la steppe à *Rhantherium* (s.l.)

V³ *Rhantherium suaveolens*

V² *Salsola vermiculata* var. *brevifolia*

III² *Stipa Lagascae* var. *pubescens*

IV² *Polygonum equisetiforme*

3) groupe climatique de l'association (s.l.)

V² *Artemisia campestris*
 III¹ *Atractylis flava*
 III¹ *Astragalus caprinus* ssp. *lanigerus*

II¹ *Marrubium deserti*
 I² *Paronychia arabica* var. *longiseta*
 I² *Paronychia arabica* var. *Cossoniana*

a) groupe écologique des psammophiles de l'étage aride (s.l.)

V² *Helianthemum Lippii* var. *sessiliflorum*
 V² *Plantago albicans*
 IV² *Echiochilon fruticosum*
 IV² *Koeleria pubescens* ssp. *Salzmannii*
 IV² *Linaria aegyptaca* ssp. *fruticosa*
 IV² *Genista uniflora*
 IV¹ *Launaea resedifolia* ssp. *eu-resedifolia*

IV¹ *Ifloga spicata*
 III² *Schismus barbatus* ssp. *calycinus*
 III² *Fagonia glutinosa*
 III² *Matthiola longipetala* ssp. *Kralichii*
 III² *Aristida plumosa*
 III² *Pituranthos tortuosus* var. *virgatus*
 etc.

b) groupe écologique des sables mouvants

Retama raetam
Nolletia chrysocomoides

Aristida pungens
Danthonia Forskhalei

c) groupe écologique des croûtes

V¹ *Atractylis serratuloides*
 IV¹ *Gymnocarpus decander*

IV¹ *Helianthemum Kahiricum*
 II¹ *Herniaria fruticosa*

d) groupe écologique gypsophile

II² *Lygeum spartum*
 II¹ *Helianthemum Lippii* var. *intricatum*

I² *Pituranthos chloranthus* ssp. *Cossonianus*
 I¹ *Erodium glaucophyllum*

e) groupe de dégradation forestière

Stipa tenacissima

C. — Biologie

Thérophytes	51 %
Chaméphytes	24 %
Hémicryptophytes	23 %
Géophytes	2 %

Du point de vue de la couverture végétale : environ 80 % de la dominance est assurée par les chaméphytes dont près de la moitié par le seul *Rhantherium suaveolens*. Les thérophytes disparaissent en été. Le rôle biologique et dynamique essentiel est joué par *Rhantherium*. *Rhantherium* a la propriété d'arrêter le sable; il se forme derrière chaque touffe de *Rhantherium* une micro-dune de la taille d'une grosse taupinière; cette dune est ensuite fixée par *Rhantherium* et les autres espèces. *Rhantherium* supporte l'ensablement; il émet des racines adventives dans la micro-dune, facilitant ainsi sa fixation. Ce mécanisme a parfois permis l'accumulation de plusieurs mètres de sable au cours des siècles. C'est pourquoi *Rhantherium suaveolens* joue un rôle essentiel à la fois dans le dynamisme de la végétation, celui du sol et de la morphologie du paysage. La disparition (surpâturage, labour, etc...) de la plante edificatrice du milieu est rapidement suivie par la dégradation du sol et de la végétation qui deviennent la proie de la déflation. S'il s'agit d'un sol à croûte la disparition de *Rhantherium* entraîne la mise à nu rapide de la croûte et la stérilisation du milieu du point de vue pastoral.

Du point de vue biocoenotique de nombreuses espèces animales sabulicoles semblent liées à la steppe à *Rhantherium*, notamment des Lézards, des Gerbilles, la Vipère à cornes et de nombreux insectes.

D. — Dynamisme

La présence d'alfa dans certaines des phytocénoses analysées permet de présumer l'existence passée d'une steppe arborée sinon d'une forêt xérophile.

On peut penser que la végétation primitive a été ici une steppe à alfa parsemée de *Juniperus phoenicea* et peut-être de *Pistacia atlantica* (dans les dayas).

Actuellement la steppe à *Rhantherium* constitue un paraclimax. Elle tend à se reconstituer dans les anciens labours, mais seulement là où existent des sables profonds. Si les horizons superficiels comportent une croûte, la destruction de *Rhantherium* amène le décapage des horizons sablonneux de surface par la déflation, donc la mise à nu de la croûte.

La steppe à *Rhantherium* se reconstitue difficilement sur un sol devenu squelettique; dans l'association à *Rhantherium* et *Asphodelus refractus* cette dégradation paraît irréversible.

E. — Discussion — Interprétation

L'association typique est caractérisée par la présence des groupes : A-3-a; la sous-association à *Atractylis serratuloides* par les groupes : A-3-a-c (cf. profil) avec un faciès à *Stipa tenacissima* A-3-a-c-e.

Analyses physiques. — Groupement 11

Profond.	Granulométrie								Extrait de pâte saturée				He
	STG	SG	S $\frac{1}{2}$ G	S $\frac{1}{2}$ F	SF	STF	L	Coll. Min.	pour 1000		Conduc- tivité mmhos	% satura- tion	
	2000 μ à 1000	1000 à 500	500 à 200	200 à 100	100 à 50	50 à 20	20 à 2	- de 2 μ	Cl ⁻	RS			
0 - 10	0	0	0	10	81	6	1	2	0,17	1,3	1,12	28,4	4,0
10 - 60	0	1	1	15	66	6	3	8	0,26	1,12	0,97	31,8	6,0
60 - 200	0	1	2	11	46	20	10	10	0,35	0,75	1,25	31,6	11,0

Analyses chimiques

Profond.	milliequivalents %				% terre sèche						% terre sèche			pH
	Capacité d'échange			Na % de Tc	CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Cl ⁻	SO ₄	SO ₄ Ca 2H2O	Cl Na	N ₂ O ₅	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	T	Tcorr	Na											
0 - 10	4,0	4,4	3,6	82	6,1	3	0,005	0,6	1,0	0,008	0,1	0,1	Tr	8,3
10 - 60	6,0	6,6	0,55	8,3	12,6	5,5	0,01	0,4	0,7	0,016	0,75	0,60	0	8,3
60 - 200	7,7	8,4	1,0	11,9	21,3	11	0,01	0,2	0,3	0,016	0,75	0,60	Tr	8,2

Profil moyen de la sous-variante à *Atractylis serratuloides* de la variante à *Eragrostis papposa* de l'association à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris* (A-2-a-c).

Coordonnées : 38 G 54' 55" × 8 G 82' 50".

Profil 6

- 0-18 — Sable demi-grossier; structure lâche; à nodules calcaires de 5 à 20 mm de diamètre, peu nombreux; couleur jaune-rougeâtre.
- 18-40 — Croûte calcaire fissurée en dalles horizontales.
- 40-80 — Sable jaunâtre très calcaire; structure serrée; assez nombreux nodules calcaires friables; quelques racines.

Profil de sol de la sous-association à *Lygeum spartum* de l'association à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris* (A-3-a-c-d).

Coordonnées : 37 G 96' 40" × 8 G 23' 05".

Profil 7

- 0- 25 — Sable fin peu limoneux à structure particulière serrée tendant à nuciforme; humide; racines, radicales; quelques nodules calcaires de 0,2 à 0,8 cm de diamètre; couleur 5 YR 6/8 (rouge-jaunâtre).
 25- 65 — Sable fin très gypseux, reticulé de nombreux pseudo-mycéliums calcaro-gypseux; structure lâche; humide; quelques nodules calcaro-gypseux; de 0,5 à 2 cm de diamètre; racines et radicales; couleur 7,5 YR 7/6 (jaune rougeâtre pâle).
 64-133 — Sable fin gypseux à gypse finement cristallisé; structure nuciforme serrée; nombreux nodules calcaro-gypseux de 0,5 à 2 cm de diamètre; racines et radicales rares; couleur 5 YR 5/8 (rouge-jaunâtre).
 133 et au-delà — *Encroûtement gypseux* à gypse pulvérulent contenant quelques cristaux; encroûtement assez dur; serré; épais de plus de 30 cm; continu.

Analyses

Analyses physiques. — Groupement 11 — Sous-association à *Lygeum spartum*

Profond.	Granulométrie (45)								Extrait de pâte saturée				He
	STG	SG	S $\frac{1}{2}$ G	S $\frac{1}{2}$ F	SF	STF	L	Coll. Min.	pour 1000		Conduc- tivité mmhos	% satura- tion	
	2000 μ à 1000	1000 à 500	500 à 200	200 à 100	100 à 50	50 à 20	20 à 2	- de 2 μ	Cl ⁻	RS			
0 - 25	1	2	4	15	49	10	11	8	0,17	1,9	3,3	32,4	13,0
25 - 64	1	2	5	12	31	25	10	14	0,17	1,9	3,3	32,6	18,0
64 - 133	5	4	7	10	33	13	12	16	0,71	4,3	6,5	33,4	16,4

Analyses chimiques

Profond.	millequivalents %			Na % de Tc	% terre sèche						pH
	Capacité d'échange				CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Cl ⁻	SO ₄	SO ₄ Ca 2H2O	Cl Na	
	T	Tcorr	Na								
0 - 25	6,5	7,1	0,2	2,9	20,0	6,1	0,005	0,6	1,0	0,008	7,7
25 - 64	5,1	5,6	1,7	30,3	19,1	19,5	0,005	18,5	30,4	0,008	7,7
64 - 133	5,4	5,9	2,45	41,0	26,8	13,5	0,004	9,6	17,2	0,006	7,9

Interprétation : Encroûtement gypseux quaternaire alluvionné; évolution des alluvions vers un sol brun subdésertique de la famille à nodules gypseux (cf. étude des sols, *supra*).

La sous-association à *Retama raetam* se définit par les groupes A-3-a-b.

La sous-association à *Retama raetam* et *Atractylis serratuloides* se définit par les groupes A-a-b-c; et la sous-association à *Retama raetam* et *Lygeum spartum* par les groupes A-a-b-c-d.

Le groupe a est partout appauvri par rapport à l'association type à sables profonds.

(45) Les chiffres concernant la granulométrie sont donnés ici pour mémoire: ils n'ont aucune signification dans les sols gypseux où seule l'humidité équivalente permet une interprétation valable.

La signification écologique de chaque groupe a été donnée plus haut : il n'y a donc pas lieu d'y revenir.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — Le groupement est partout exploité sous forme de pâturage. La valeur de ces pâturages est approximativement la suivante :

Association typique : 1 mouton pour 4-5 hectares.

Sous-association à *Atractylis serratuloides* : 1 mouton pour 5-7 hectares.

Sous-association à *Lygeum spartum* : 1 mouton pour 5-7 hectares.

Sous-association à *Retama raetam* : 1 mouton pour 6-8 hectares.

Sous-association à *Retama raetam* et *Atractylis* : 1 mouton pour 10-12 hectares.

Sous-association à *Retama raetam* et *Lygeum* : 1 mouton pour 10-12 hectares.

B. — **Potentielle.** — Le milieu défini par l'association type peut seul être soumis à l'oléiculture. L'expérience montre que l'olivier y produit 100 à 120 kg d'huile par hectare et par an, soit une productivité 4 fois supérieure à celle de l'élevage.

Le milieu défini par la sous-association à *Retama raetam* peut également être soumis à l'oléiculture; mais il nécessite alors des précautions de mise en place de la culture tendant à prévenir les méfaits de l'érosion éolienne. Les autres sous-associations doivent être exploitées comme pâturage; elles sont susceptibles d'amélioration par les techniques habituelles.

Groupement 12. — Variante à *Eragrostis papposa* de l'association à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris*

I. — Le milieu

A. — **Aire du groupement.** — Les relevés qui ont mis en évidence cette variante proviennent des régions suivantes : Le Chahal (Nord), Bir Ali Ben Khelifa, Mezzouna, Maknassy, Sened.

B. — **Conditions climatiques.** — Ces zones correspondent aux limites des sous-climats aride supérieur et inférieur. L'indice d'EMBERGER y est voisin de 25; P # 200. Le groupement s'établit dans la variante à hiver doux et déborde sur la variante à hiver tempéré. Pratiquement ces régions se caractérisent par $4 < m < 6$.

C. — **Conditions édaphiques.** — Profil du sol de la variante typique : coordonnées 38 G 35' 45" × 7 G 89' 15".

Profil 8

- 0-45 — Sable demi-grossier à structure particulière humide; racines, radicelles nombreuses; quelques petits cailloux roulés de 1 à 5 cm de diamètre entre 30 et 45; couleur 5 YR 4/6 (rouge-jaunâtre); HC1 assez faible.
- 45-119 — Sable demi-grossier légèrement limoneux; humide; racines et radicelles; structure particulière serrée; couleur 5 YR 4/3 (brun-rougeâtre); HC1 très faible; légèrement gypseux à gypse pulvérulent.
- 119-190 — Sable demi-grossier; structure particulière; humide; racines et radicelles; couleur 5 YR 6/8; jaune rougeâtre; HC1 assez faible; légèrement gypseux à gypse pulvérulent.
- 190-220 — Sable demi-fin peu limoneux, légèrement gypseux (pulvérulent); pseudo-mycéliums et nodules calcaires de 0,5 à 2 cm de diamètre; couleur 5 YR 5/6 (rouge-jaunâtre).

Interprétation : Sol brun subdésertique sur alluvions, famille à nodules calcaires, série à profil profond; type à texture semi-grossière à grossière.

Analyses (cf. tableaux)

Analyses physiques

Variante à *Eragrostis papposa* de l'ass. à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris*

Profond.	Granulométrie								Extrait de pâte saturée				
	STG	SG	$\frac{1}{2}G$	$\frac{1}{2}F$	SF	STF	L	Coll. Min.	pour 1000		Conduc-tivité mmhos	‰ saturation	He
	2000 µ à 1000	1000 à 500	500 à 200	200 à 100	100 à 50	50 à 20	20 à 2	- de 2 µ	Cl ⁻	RS			
0 - 45	0	7	54	21	7	2	6	3	0,10	0,35	0,65	19,4	8,0
45 - 119	0	7	46	25	10	4	3	5	0,10	0,33	0,60	19,2	8,0
119 - 196	2	6	47	26	8	3	3	5	0,10	0,33	0,60	20,6	8,0
196 - 220	2	4	29	17	15	8	11	14	0,7	0,69	1,15	25,2	14

Analyses chimiques

Profond.	millequivalents %				% terre sèche							
	Capacité d'échange			Na % de Tc	CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Cl ⁻	SO ₄	SO ₄ Ca 2H ₂ O	Cl Na	pH	
	T	Tcorr	Na									
0 - 45	3,7	4,0	0,45	11,2	6,4	2,0	0,005	0,3	0,5	0,008	8,0	
45 - 119	4,1	4,5	0,45	8,8	5,5	1,0	0,005	0,4	0,7	0,008	8,1	
119 - 196	3,5	3,8	0,40	10,5	8,9	3,5	0,005	0,2	0,4	0,008	8,0	
196 - 220	5,1	5,6	0,20	3,6	26,0	9,5	0,005	0,3	0,5	0,008	8,1	

D. — **Conditions topographiques.** — C'est un groupement steppique des basses plaines d'altitude comprise entre 0 et 200 m.

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — *Structure*

Il s'agit d'une steppe à chaméphytes analogue sinon identique au groupement 11.

Deux strates :

I : 20-50 cm — chaméphytes — couverture 40 %

II : 10-30 cm — thérophytes, hémicryptophytes — couverture 30 %.

Couverture totale : 60 à 80 %.

B. — *Diagnose*

A) groupe *physionomique* de la steppe à *Rhantherium*

V *Rhantherium suaveolens*

III *Stipa Lagascae* var. *pubescens*

III *Salsola vermiculata* var. *brevifolia*

I *Polygonum equisetiforme*

3) groupe climatique de l'association (s.l.)

- V *Artemisia campestris*
IV *Paronychia arabica* var. *Cossoniana*

- IV *Atractylis flava* ssp. *citrina*
III *Astragalus caprinus* ssp. *lanigerus* (46)

2) groupe climatique définissant la variante

- V *Eragrostis papposa*
II *Eragrostis Barrelieri*
Hypparhenia hirta

- Atractylis flava* ssp. *candida*
Cutandia divarica
Thymelae hirsuta

a) groupe psammophile de l'étage aride (s.l.)

- V *Plantago albicans*
V *Echiochilon fruticosum*
IV *Helianthemum Lippii* var. *sessiliflorum*
IV *Schismus barbatus* ssp. *calycinus*
IV *Argyrolobium uniflorum*

- IV *Pituranthos tortuosus*
II *Launaea resedifolia* ssp. *eu-resedifolia*
II *Koeleria pubescens* ssp. *Salzmannii*
I *Matthiola longipetala* ssp. *Kralickii*
Aristida plumosa

b) groupe écologique des sables mouvants

Retama raetam

Nolletia chysocomoides
Aristida pungens

c) groupe écologique des croûtes

Gymnocarpus decander
Helianthemum Kahiricum

Herniaria Fontanesii
Atractylis serratuloides
Stipa parviflora (47)

d) groupe écologique gypsophile

Lygeum spartum

Erodium glaucophyllum
Launaea angustifolia

C. — Biologie

Thérophytes	51 %
Chaméphytes	24 %
Hémicryptophytes	23 %
Géophytes	2 %

D. — Dynamisme

Les conditions climatiques et édaphiques permettent de penser que la végétation primitive est ici la forêt xérophile à *Juniperus phoenicea*.

E. — Discussion — Interprétation

On retrouve les mêmes groupes écologiques que dans l'association typique, avec en plus, le groupe éco-climatique à *Eragrostis papposa* (2).

Les groupes édaphiques permettent les mêmes subdivisions que dans l'association type; mais elle auront rang de sous-variante. Nous avons donc les sous-variantes suivantes :

Sous-variante typique : A-2-3-a.

Sous-variante à *Retama raetam* : A-2-3-a-b.

Sous-variante à *Atractylis serratuloides* : A-2-3-a-c.

Sous-variante à *Lygeum spartum* et *Atractylis serratuloides* : A-2-3-a-d-c.

Sous-variante à *Retama raetam* et *Atractylis serratuloides* : A-2-3-a-b-c.

Sous-variante à *Retama raetam*, *Atractylis serratuloides* et *Lygeum spartum* : A-2-3-a-b-c-d.

Sous-variante à *Lygeum spartum* : A-2-3-a-d.

Les groupes 2 et 3 sont appauvris dans toutes les sous-variantes autres que la sous-variante typique (A-2-3-a).

(46) *Marrubium deserti* fréquent dans l'association typique disparaît ici.

(47) Absente dans les variantes et associations plus arides.

Il existe ici une sous-variante nouvelle (A-2-3-a-d) où *d* existe sans *c* — ce qui montre bien l'indépendance des groupes écologiques —. Dans ce dernier cas, il s'agit donc d'un sol sableux sur gypse non encroûté (limono-gypseux ou argile gypseuse. Cette sous-variante (A-2-3-a-d) à *Lygeum spartum* se caractérise par une grande abondance-dominance du sparte qui confère à cette sous-variante une physionomie particulière de steppe graminéenne tout à fait analogues aux steppes d'alfa, ou les chaméphytes sont relégués au second plan et n'apparaissent guère dans le paysage.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — Cette steppe constitue un bon pâturage pour la région : elle peut nourrir 1 mouton sur 2-4 hectares dans la sous-variante typique, c'est-à-dire 100 à 200 U.F. par hectare et par an.

Les autres sous-variantes ont une valeur pastorale plus faible de 50 à 150 U.F. par hectare/an.

B. — **Potentielle.** — Le milieu défini par la sous-variante typique est une bonne terre à planter. Nos études de productivité (1959) ont montré que la productivité de ce milieu vis-à-vis de l'olivier est de l'ordre de 160 kg d'huile par hectare et par an.

Groupe 13. — Variante à *Dianthus critinus* de l'association à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris*

I. — Le milieu

A. — **Aire géographique.** — Cette variante a été étudiée au Nord-Ouest de la région Sfaxienne, dans la région de Triaga et au Sud d'El-Djem. Le groupement n'y existe guère plus que sous forme de lambeaux; la steppe a été presque partout défrichée et plantée en oliviers.

B. — **Conditions climatiques.** — Ce groupement se situe dans la portion inférieure du climat aride supérieur. La pluviosité *y* est de l'ordre de 230 mm, l'indice d'EMBERGER voisin de 30 et *m* voisin de 5. Cette variante aurait dû être classée dans les groupements de l'étage aride supérieur; mais il a semblé préférable de la placer dans son contexte qui est l'ensemble de la steppe à *Rhantherium*.

C. — **Conditions topographiques.** — Le groupement s'observe dans les basses steppes d'altitude inférieure à 200 m.

D. — **Conditions édaphiques.** — Les sols sont identiques à ceux des autres variantes : voici néanmoins un profil étudié dans la région de Triaga.

Profil 9

- 0-105 — Sable mi-grossier peu calcaire (3,5 %); structure particulière lâche; très légèrement gypseux (0,5 %); humides; racines, radicelles; couleur 7,5 YR 7/8 (jaune-rougeâtre). Capacité d'échange 3,5 milliéqu.; humidité équivalente 5,0 %.
- 105-230 — Sable grossier peu calcaire (7 %); structure particulière; humide; 0,7 % de gypse; capacité d'échange 2,2 milliéqu.; humidité équivalente 4,0; très rares nodules; quelques cailloux calcaires roulés entre 180 et 200; couleur 7,5 YR 7/6 (jaune-rougeâtre).

Interprétation : Sol brun subdésertique très jeune sur alluvions. Famille calcaire, série à profil profond, type à texture grossière.

E. — *Conditions humaines et animales*. — Ce groupement sert de pâturage à moutons.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

Identique au groupement précédent.

B. — *Diagnose*

Diffère de la variante précédente (groupement 12) par la présence d'un groupe éco-climatique lié à l'étage aride supérieur et à l'étage semi-aride inférieur et dont voici la composition :

Dianthus critinus
Pergularia tomentosa
Echinops spinosus ssp. *Bovei*

Les mêmes groupes écologiques édaphiques se retrouvent déterminant des sous-variantes homologues. Une légère différence floristique apparaît dans le groupe écologique des croûtes où *Stipa parviflora* remplace *Gymnocarpos decander* qui a atteint la limite de son aire.

C. — *Biologie*

Le spectre de RAUNKIAER ne diffère guère de façon significative de celui de la steppe à *Rhantherium* s.l.

D. — *Dynamisme*

Etant données les conditions climatiques on peut affirmer que la végétation primitive a été ici la forêt à genévrier de Phénicie. Cette forêt a été détruite de longue date, probablement avant même la colonisation romaine. L'abandon de la culture romaine a donné la steppe, paraclimacique à *Rhantherium*.

E. — *Discussion — Interprétation*

Cette variante constitue le groupement le moins aride de la steppe à *Rhantherium*, elle est écologiquement très affine à l'association à *Ziziphus lotus* et *Eragrostis papposa* de LONG.

III. — Utilisation

A. — *Actuelle*. — Ce groupement peut être considéré comme un bon pâturage pour la région puisqu'il produit environ 200 U.F. par hectare et par an. Mais il a été le plus souvent défriché. Les cultures d'oliviers établies dans le milieu défini par la variante typique produisent de 200 à 220 kg d'huile par hectare et par an (LE HOUÉROU, 1959). La sous-variante à *Atractylis serratuloides* peut être également plantée, mais la production est un peu moindre (150 kg), de même la sous-variante à *Atractylis serratuloides* et *Retama raetam* où l'érosion éolienne est cependant à craindre.

**Groupe ment 14. — Association à *Rhantherium suaveolens* et *Asphodelus refractus*
(variante typique)**

I. — Le milieu

A. — *Aire géographique.* — Cette association a été mise en évidence dans les régions de Sidi Toui, Tatahouine, Ksar Morra, Bir Sloughi et au Sud de Ben Gardane.

B. — *Conditions climatiques.* — Ces régions se placent dans la portion la plus sèche du climat aride inférieur à la limite des variantes à hiver doux et à hiver tempéré. $100 < P < 160$; $12 < Q < 18$; $3 < m < 6$.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement des basses plaines steppiques d'altitude inférieure à 200 m.

D. — *Conditions édaphiques.* — Le sol est analogue à ceux des autres groupements de la steppe à *Rhantherium*. L'association type se développe sur des sables profonds, tandis que les sous-associations sont en relation avec des caractères différentiels du profil (croûtes, sables mobiles) analogues à ceux examinés dans l'association n° 11 et conformes au schéma décrit au début de ce chapitre.

E. — *Conditions humaines.* — Ce groupement est exploité sous forme de pâturage fréquenté par les nomades sahariens.

II. — La végétation

A. — Physionomie — Structure

Ce groupement est physionomiquement analogue aux groupements précédents; un peu plus ouvert, toutefois. La couverture végétale est de l'ordre de 30-50 %. On y trouve également une strate à chaméphytes de 20-50 cm, dominant une strate à thérophytes de 10-30 cm. L'importance relative des chaméphytes est plus grande ici que dans le groupement 11.

B. — Diagnose

A) Groupe physionomique de la steppe à *Rhantherium s.l.*

V ³ <i>Rhantherium suaveolens</i>	IV ² <i>Polygonum equisetiforme</i>
V ² <i>Stipa Lagascae</i> var. <i>pubescens</i>	<i>Salsola vermiculata</i> var. <i>brevifolia</i>

4) Groupe écoclimatique différenciel de l'association

V ² <i>Asphodelus refractus</i>	II ³ <i>Picris coronopifolia</i> ssp. <i>saharae</i>
IV ² <i>Malva aegyptia</i>	II ¹ <i>Echium trigorrhizum</i>
III ² <i>Aristida plumosa</i> var. <i>lanuginosa</i>	I ¹ <i>Carduncellus eriocephalus</i>
	I ¹ <i>Linaria laxiflora</i>

a) Groupe écologique des psammophiles de l'étage aride

V ³ <i>Plantago albicans</i>	IV ² <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>
V ² <i>Fagiona glutinosa</i>	III ² <i>Koeleria pubescens</i> ssp. <i>Salzmannii</i>
V ² <i>Echiochilon fruticosum</i>	III ¹ <i>Linaria aegyptiaca</i> ssp. <i>fruticosa</i>
V ¹ <i>Argyrolobium uniflorum</i>	III ¹ <i>Matthiola longipetala</i> ssp. <i>Kralickii</i>
IV ² <i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>eu-resedifolia</i>	etc.

b) Groupe écologique des sables mobiles

Retama raetam

Danthonia Forskahlei
Aristida pungens

c) Groupe écologique des croûtes

V¹ *Anabasis oropediorum*
V¹ *Atractylis serratuloides*

IV¹ *Helianthemum Kahiricum*
III¹ *Gymnocarpus decander*
III¹ *Herniaria Fontanesii*

d) Groupe écologique gypsophile

II² *Lygeum spartum*
II¹ *Erodium glaucophyllum*

II¹ *Helianthemum Lippii* var. *intricatum*
I¹ *Launaea angustifolia*
I¹ *Pituranthus chloranthus* ssp. *Cossonianus*

Thérophytes	44 %
Chaméphytes	35 %
Hémicryptophytes	21 %

On notera l'augmentation importante de la proportion des chaméphytes par rapport à l'association homologue à *Rhanterium* et *Artemisia campestris*.

D. — Dynamisme

Cette association semble paraclimacique et dérive probablement d'une steppe arborée à *Stipa tenacissima* et *Juniperus phoenicea*. Dans l'état actuel, le surpâturage ou le labour aboutissent à un faciès à *Asphodelus refractus* dans le cas de l'association typique; et à *Salsola vermiculata* var. *brevifolia* dans le cas de la sous-association à *Atractylis serratuloides*; ces deux faciès sont sans intérêt pastoral.

E. — Discussion — Interprétation

L'association à *Rhantherium suaveolens* et *Asphodelus refractus* offre le même schéma de combinaisons que les groupements précédents :

L'association type est définie par l'existence des groupes écologiques : A-4-a.

La sous-association à *Atractylis serratuloides* se définit par la présence des groupes écologiques : A-4-a-c.

La sous-association à *Lygeum spartum* et *Atractylis serratuloides* se définit par la présence des groupes A-4-a-c-d.

La sous-association à *Retama raetam* se définit par la présence des groupes A-4-a-b.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — L'utilisation habituelle est le pâturage. La production fourragère est de l'ordre de 50 à 100 U.F. par hectare et par an; soit une charge de 1 mouton pour 4-8 hectares.

B. — **Potentielle.** — La seule possibilité de mise en valeur est l'amélioration pastorale. Bien que le sol fût favorable à l'arboriculture, sous un climat un peu moins aride. Au cours de certaines années pluvieuses, les sols sont parfois semés en orge; c'est là une pratique néfaste, car d'une part les récoltes de céréales sont toujours infimes sur ces sables et, d'autre part, le labour détruit les bonnes espèces pastorales, diminuant pour plusieurs années la valeur du parcours. En outre, ces sols deviennent une proie facile pour la déflation après la destruction des espèces pérennes.

**Groupe ment 15. — Variante à *Savignya parviflora* ssp. *longistyla* de l'association
à *Rhantherium suaveolens* et *Asphodelus refractus***

I. — Le milieu

A. — **Aire géographique.** — Ce groupement a été mis en évidence par des relevés provenant de la région de l'Ouara : Bir Talarh - Sannied Lebbada - Mechehed Salah; il couvre de vastes surfaces au sud d'une ligne Tatahouine - Sidi Toui et se retrouve en Libye.

B. — **Conditions climatiques.** — C'est un groupement de l'étage saharien (sous-étage supérieur). La pluviosité de ces régions varie de 60 à 100 mm. $8 < Q < 10$; $m \neq 5$.

C. — **Conditions topographiques.** — C'est un groupement de basses plaines steppiques d'altitudes inférieures à 200 m.

D. — **Conditions édaphiques.** — Comme ses homologues de la steppe à *Rhantherium* ce groupement colonise les sables grossiers à demi-grossiers plus ou moins profonds selon les sous-associations considérées.

E. — **Conditions édaphiques.** — Comme ses homologues de la steppe à *Rhantherium* ce groupement colonise les sables grossiers à demi-grossiers plus ou moins profonds selon les sous-associations considérée.

E. — **Conditions humaines et animales.** — Ce milieu est occupé de vastes surfaces et soumis au nomadisme pastoral.

II. — La végétation

A. — Physionomie — Structure

La physionomie de ce groupement est sensiblement différente des autres groupements de la steppe à *Rhantherium* par le fait que la couverture végétale est beaucoup plus faible : 5 à 15 % de la surface du sol au lieu de 40 à 90 % pour l'association à *Rhantherium* et *Artemisia campestris*, et 20 à 50 % pour l'association à *Rhantherium* et *Asphodelus refractus* typique.

B. — Diagnose

A) Groupe physionomique de la steppe à *Rhantherium*

V¹ *Rhantherium suaveolens*

V¹ *Salsola vermiculata* var. *brevifolia*

III¹ *Stipa Lagascae* var. *pubescens*

I⁺ *Polygonum equisetiforme*

4) Groupe éco-climatique de l'association à *Rhantherium* et *Asphodelus refractus*

III² *Asphodelus refractus*

III¹ *Aristida plumosa* ssp. *lanuginosa*

II¹ *Malva aegyptia*

II¹ *Picris coronopifolia* ssp. *saharae*

II¹ *Echium trigorrhizum*

I¹ *Carduncellus eriocephalus*

5) Groupe éco-climatique de psammophytes saharien différentiel de la variante

V² *Arthrophytum Schmittianum* var. *Schmittianum*

IV² *Neurada procumbens* var. *pentagonus* (48)

II² *Savignya parviflora* ssp. *longistyla*

I¹ *Centaurea furfuracea*

I¹ *Stephanochilus omphalodes*

(48) Pas strictement lié à l'étage saharien, en dehors de la steppe à *Rhantherium*.

c) Groupe écologique des croûtes

II⁺ II⁺ *Gymnocarpus decander*
II⁺ I⁺ *Atractylis serratuloides*

Anthyllis sericea var. *Henoniana*
Helianthemum Kahiricum

b) Groupe écologique des sables mobiles

II² *Aristida pungens*

II¹ *Retama raetam*
I¹ *Nolletia chrysocomoides*

C. — **Biologie**

Thérophytes	46,4 %
Chaméphytes	34,6 %
Hémicryptophytes	16,0 %
Géophytes	1,5 %
Nanophanérophytes	1,5 %

Les proportions des différents types biologiques sont sensiblement les mêmes que dans l'association typique.

D. — **Dynamisme**

La végétation steppique n'est peut être pas climacique. Nous sommes réduits aux conjectures. Toutefois sous un climat analogue, et sur un sol peu différent, nous avons vu l'installation d'une pseudo-steppe à Nanophanérophytes après 60 années de mise en défens à Nefta.

Cette pseudo-steppe était constituée de *Retama raetam*, *Calligonum comosum*, *Arthrophytum Schmittianum* et *Rhantherium suaveolens* et comportait une strate de 100-120 cm de haut et une couverture de l'ordre de 60 % alors qu'aux environs de la mise en défens la couverture ne dépassait guère 1 % et les plantes les plus élevées ne dépassaient pas 20 cm.

Ces faits doivent nous inciter à la prudence. La possibilité d'un climax « forestier » ne peut donc être exclue *a priori*.

E. — **Discussion — Interprétation**

Cette variante donne lieu aux subdivisions habituelles de la steppe à *Rhantherium* en fonction du profil de sol. On notera l'absence du groupe écologique gypsophile. Nous ne l'avons jamais observé; mais il doit exister et sera trouvé plus tard.

L'on a donc une variante typique définie par A-4-5; une sous-variante à *Atractylis serratuloides* définie par A-4-5-c; une sous-variante à *Retama raetam* définie par A-4-5-b; une sous-variante à *Retama raetam* et *Atractylis serratuloides* définie par A-4-5-b-c.

L'existence des sous-variantes à *Lygeum spartum* (A-4-5-c-d) et à *Lygeum* et *Retama* ne peut faire de doute, bien qu'elles n'aient jamais été observées; ces combinaisons sont parfaitement possibles.

III. — **Utilisation**

C'est un pâturage saharien de médiocre valeur. L'ordre de grandeur de la charge d'équilibre est de 1 mouton pour 20 à 25 hectares. Dans ces conditions l'amélioration pastorale reste problématique.

**Groupe ment 16. — Association à *Pituranthos tortuosus*
et *Haplophyllum vermiculare***

I. — Le milieu

A. — *Aire du groupement.* — Cette association a été étudiée dans les régions de : Ben Gardane - Zarzis - Maharès - Le Chahal.

B. — *Conditions climatiques.* — C'est un groupement du sous-climat aride inférieur, variante à hiver doux. $170 < P < 220$;
 $5 < m < 7$.

C. — *Conditions topographiques.* — Basses plaines steppiques d'altitudes inférieures à 200 m.

D. — *Conditions édaphiques.* — Les sols sont sableux au moins en surface. L'association typique se caractérise par un sol sableux profond dont voici un profil : coordonnées 37 G 13'00" $\times$ 9 G 05'60".

Profil 10

- 0- 30 — Sable fin très légèrement limoneux; structure particulière; humide; racines et radicelles; couleur 7,5 YR 6/6 (jaune-rougeâtre); humidité équivalente 3,5 %; Calcaire total 9,3 %; pH 8,5; Cl⁻ 0,1 ‰; SO⁴ Traces; capacité d'échange 6 millib.
- 30- 85 — Sable fin peu limoneux; structure particulière demi-serrée; racines, radicelles; humide; couleur 7,5 YR 7/6 (jaune-rougeâtre); humidité équivalente 7 %; CO³Ca total 14,5 %; CO³Ca actif 4,5 %; Cl⁻ 0,1 ‰; SO⁴ Tr.; pH 8,1; cap. échange 4,6 milliég.
- 85-150 — Sable fin limoneux calcaire; structure nuciforme; légèrement gypseux; humide; racines; radicelles; couleur 5 YR 6/6 (jaune-rougeâtre); humidité équivalente 12 %; CO³Ca total 29,8; CO³Ca actif 13,5 %; Cl⁻ 0,2 ‰; SO⁴ 0,7 %; pH 7,9; capacité échange 4,2 milliéquivalents.
- 150-180 — Sable fin gypseux avec nodules calcaires; humide; couleur 5 YR 8/4 (rosé); capacité échange 5,1 mill. équiv.; CO³Ca total 18,5 %; CO³Ca actif 13,5 %; Cl⁻ 0,1 ‰; SO⁴ 13 %; pH 8,1; humidité équivalente 21.

Interprétation : Sols sablonneux profonds à encroûtement calcaro-gypseux (150-180), peu prononcé; sous-groupe des sols bruns subdésertiques; famille à encroûtement calcaro-gypseux; série à profil profond; type à texture demi-grossière.

E. — Conditions humaines et animales.

C'est une association des cultures. Principalement des olivettes. C'est l'homologue de la steppe à *Rhantherium* dont elle dérive par défrichement.

II. — La végétation

A. — Physionomie — Structure

Comme tout groupement cultural l'association à *Pituranthos tortuosus* est très ouverte et ne couvre guère plus de 15 à 20 % de la surface du sol. Cette couverture est évidemment très variable, de même que la composition floristique et dépend dans une forte mesure des façons culturales. Dans les olivettes bien tenues, il n'existe qu'une seule strate principalement formée de plantes annuelles et de quelques géophytes; dans les olivettes mal tenues on peut distinguer une strate de 20 à 50 cm constituée de chaméphytes et une strate de 20 à 30 cm d'annuelles.

B. — Diagnose

A) Groupe physionomique rémanent de la steppe à *Rhantherium*

V ² <i>Polygonum equisetiforme</i>	II ¹ <i>Stipa Lagascae</i> var. <i>pubescens</i>
III ² <i>Rhantherium suaveolens</i>	II ¹ <i>Salsola vermiculata</i> var. <i>brevifolia</i>

3) Groupe éco-climatique différentiel de la variante à *Artemisia campestris*

V ² <i>Artemisia campestris</i>	III ² <i>Euphorbia serrata</i>
IV ² <i>Astragalus caprinus</i> ssp. <i>lanigerus</i>	II ² <i>Onopordon arenarium</i>
IV ² <i>Echinops spinosus</i> ssp. <i>eu-spinosus</i>	II ¹ <i>Atractylis flava</i>
	I ¹ <i>Thymelaea hirsuta</i>

4) Groupe éco-climatique différentiel de la variante à *Asphodelus refractus*

<i>Asphodelus refractus</i>	<i>Astragalus hispidulus</i> ssp. <i>Kralickii</i>
<i>Malva aegyptia</i>	<i>Atriplex dimorphostegia</i>
<i>Carduncellus eriocephalus</i>	<i>Erucaria aegyptias</i> var. <i>leiocarpa</i>

a) Groupe écologique des psammophiles de l'étage aride

V ³ <i>Plantago albicans</i>	III ¹ <i>Hippocrepis ciliata</i>
IV ² <i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>eu-resedifolia</i>	II ² <i>Reseda decursiva</i> var. <i>eremophila</i>
IV ² <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>	II ¹ <i>Asphodelus tenuifolius</i>
IV ² <i>Linaria aegyptiaca</i> ssp. <i>fruticosa</i>	II ¹ <i>Salvia lanigera</i>
IV ² <i>Argyrolobium uniflorum</i>	II ¹ <i>Colocynthis vulgaris</i>
IV ² <i>Echiochilon fruticosum</i>	II ¹ <i>Astragalus cruciatus</i>
III ¹ <i>Ifloga spicata</i>	II ² <i>Echium pycnanthum</i> var. <i>humile</i>
II ² <i>Reseda arabica</i>	II ¹ <i>Asphodelus viscidulus</i> ssp. <i>gabesianus</i>
	II ¹ <i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>mucronata</i>

a') Groupe écologique psammophile de plantes liées à la culture ou favorisées par elle (1)

+ V ² <i>Pituranthos tortuosus</i>	× III ² <i>Cleome arabica</i> ssp. <i>arabica</i>
+ IV ² <i>Matthiola longipetala</i> ssp. <i>Kralickii</i>	× III ² <i>Brassica Tournefortii</i>
+ III ² <i>Senecio gallicus</i> ssp. <i>coronopifolius</i>	× II ² <i>Cynodon dactylon</i>
+ III ² <i>Cutandia dichotoma</i> var. <i>memphitica</i>	× II ¹ <i>Convolvulus supinus</i>
+ III ² <i>Lotus cytisioides</i>	× II ¹ <i>Galium olivetorum</i>
+ III ² <i>Daucus syrticus</i>	× II ¹ <i>Silene setacea</i>
× III ² <i>Centaurea dimorpha</i>	+ II ¹ <i>Lolium rigidum</i> var. <i>tenue</i>
+ III ² <i>Lobularia libyca</i>	× II ¹ <i>Heliotropium europaeum</i>
× III ² <i>Haplophyllum vermiculare</i>	× I ¹ <i>Convolvulus althaeoides</i>
× III ² <i>Diploxaxis simplex</i>	× I ¹ <i>Anagallis Monelli</i> ssp. <i>linifolia</i>

b) Groupe écologique des sables mobiles

<i>Retama raetam</i>	<i>Nolletia chrysocomoides</i>
	<i>Aristida pungens</i>

c) Groupe écologique des croûtes

<i>Atractylis serratuloides</i>	<i>Helianthemum Kahiricum</i>
<i>Gymnocarpos decander</i>	<i>Herniaria Fontanesii</i>

d) Groupe écologique gypsophile

<i>Lygeum spartum</i>	<i>Erodium glaucophyllum</i>
<i>Launaea angustifolia</i>	<i>Pituranthos chloranthus</i> ssp. <i>Cossonianus</i>

C. — Biologie

Le spectre de RAUNKIAER ci-dessous correspond à l'ensemble de l'association :

Thérophytes	61,9 %
Chaméphytes	17,2 %
Hémicryptophytes	16,2 %
Géophytes	2,8 %
Nanophanérophytes	1,9 %

(1) + = espèces favorisées par la culture, c'est-à-dire abondantes dans les cultures, plus rares dans la steppe.
 × = plantes liées à la culture; c'est-à-dire exceptionnelles dans la steppe, mais banales dans les cultures.

Ce spectre fait évidemment abstraction des plantes cultivées. Selon l'état de la culture, le spectre peut varier dans de larges mesures, par exemple, dans le stade à *Euphorbia serrata* (culture intensive), la proportion de thérophytes atteint 90 %, tandis que dans le stade post-cultural à *Artemisia campestris* les chaméphytes atteignent 30 %. Le spectre ci-dessus correspond à une culture semi-intensive où la proportion de chaméphytes reste relativement élevée.

D. — Dynamisme

Cette association dérive des associations à *Rhantherium suaveolens* et *Asphodelus refractus* pour la variante à *Asphodelus refractus*; de l'association à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris* pour la variante à *Artemisia campestris*. L'origine des deux variantes (cf. infra) est donc climatique comme pour les deux associations à *Rhantherium* dont elles dérivent.

L'abandon de la culture conduit aux associations mères à *Rhantherium* par un stade à *Artemisia campestris* caractérisé par une grande abondance-dominance de cette dernière espèce (surtout dans le cas de la variante à *Artemisia campestris*).

E. — Discussion — Interprétation

L'interprétation des données floristiques doit se faire sur le même schéma que celle de la steppe à *Rhantherium*. On peut donc distinguer une variante à *Asphodelus refractus* de l'association typique à *Artemisia campestris*.

EA — L'association typique

Elle se définit par les groupes : (A-3-a-a') et peut présenter 5 sous-associations :

- sous-association à *Atractylis serratuloides* : (A-3-a-a'-c);
- sous-association à *Atractylis serratuloides* et *Lygeum spartum* : (A-3-a-a'-c-d);
- sous-association à *Atractylis serratuloides* et *Retama raetam* : (A-3-a-a'-b-c);
- sous-association à *Atractylis serratuloides*, *Lygeum spartum* et *Retama raetam* : (A-3-a-a'-b-c-d).

La sous-association à *Atractylis serratuloides* correspond à une croûte ou un encroûtement calcaire ensablé. La sous-association à *Atractylis serratuloides* et à *Lygeum spartum* correspond à un encroûtement calcaro-gypseux ou gypseux ensablé.

La sous-association à *Atractylis* et *Retama* : sable mouvant sur croûte calcaire.

La sous-association à *Atractylis serratuloides* et *Lygeum* et *Retama* : sable mouvant sur encroûtement gypseux ou calcaro-gypseux.

Tandis que l'association type colonise des sables profonds non mobiles. Le profil décrit pour l'association est à la limite entre l'association type et la sous-association à *Atractylis* et à *Lygeum*. Si l'encroûtement gypseux avait été situé entre la surface du sol et 1,50 m, on aurait à faire à la sous-association à *Lygeum*. Le seuil d'apparition de ces sous-associations est donc la présence d'une croûte ou encroûtement à moins de 1,50 m de la surface. Les études de productivité montrent que ce seuil est aussi celui au-delà duquel on observe une chute de rendements dans les olivettes. La présence d'une croûte ou d'un encroûtement à une profondeur supérieure à 1,50 m n'a que peu d'influence sur les rendements; ici encore les données de la phytosociologie cadrent avec celles de l'agronomie.

Suivant que le mode de culture est intensif ou semi-intensif, (olivettes mal tenues) on aura des faciès différents. L'association type correspond à un faciès à *Pituranthos tortuosus* caractérisé par la présence d'assez nombreux chaméphytes tels : *Pituranthos*, *Echiochilon*, *Helianthemum Lippii*, *Artemisia campestris*, etc. et du groupe physionomique de la steppe à *Rantherium*. Le faciès à *Euphorbia serrata* correspond aux olivettes bien tenues

en culture intensive ou les chaméphytes sont à peu près absents, de même que le groupe phytionomique de la steppe à *Rhantherium*; ce faciès se définit encore par l'abondance des thérophytes (avant les labours) tel que *Senecio coronopifolius*, *Centaurea dimorpha* et *Alyssum libycum*.

L'abandon de la culture voit le retour progressif à l'association paraclimacique à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris* caractérisée par la grande abondance et la dominance de l'armoise champêtre et celle, moindre, de *Lotus cytisioides*.

EB. — La variante à *Asphodelus refractus*

Ce groupement est plus aride que le précédent bien que les sols soient identiques; il se définit par la présence des groupes A-4-a-a' et l'absence du groupe 3.

Les sous-variantes se distinguent de la même façon que les sous-associations de l'association typique. On ne peut distinguer ici des faciès homologues à ceux de l'association type car la culture est toujours de type semi-intensif, voire itinérante. Le retour à l'association mère à *Rhantherium* se fait par un stade post-cultural (49) caractérisé par la grande abondance de *Pituranthos tortuosus* et *Matthiola Kralickii*.

III. — Utilisation

L'exploitation des milieux définis par l'association type et ses sous-associations est généralement l'oléiculture. L'association type définit des milieux dont la productivité peut varier de 120 à 150 kg d'huile par hectare.

Les sous-associations présentent une productivité nettement plus faible de l'ordre de 40 à 60 kg en moyenne.

La variante à *Asphodelus refractus* définit des milieux exploités soit sous forme de culture d'orge ou d'oliviers. La culture de l'orge y est irrationnelle et improductive et celle de l'olivier n'est guère rentable. Dans ces conditions la seule vocation possible est le pâturage; ce qui postule le retour à l'association mère à *Rhantherium suaveolens* et *Asphodelus refractus*.

412-2. — Groupements des steppes sablonneuses continentales

Groupement 17. — Association à *Arthrophytum Schmittianum* var. *prostratum* et *Thymelaea microphylla*

I. — Le milieu

A. — *Aire géographique.* — Cette association a pu être mise en évidence dans les basses plaines méridionales orientales: région de Gouifla - Metlaoui - M'dilla - Tamerza - Gafsa nord - et au nord du Djebel Aziza entre El Hamma de Gabès et Kebili.

B. — *Conditions climatiques.* — L'association typique se développe dans la zone centrale du climat aride inférieur: hivers frais. Il y a en réalité 3 variantes climatiques:

— la variante à *Eragrostis papposa* (groupement n° 10) se développe au contact du climat méditerranéen aride supérieur (région de Maadjen Bel Abbès - Sidi Aich);

(49) Au sens de G. KUHNOLTZ-LORDAT.

- l'association typique se développe dans le climat méditerranéen aride inférieur typique, ou Q # 15, P # 150; m # 3: Gafsa, Metlaoui, Medilla.
- la variante à *Astragalus gyzensis* se développe au contact du climat saharien où Q # 12, P # 120, m # 3, entre Gouifla et El Hamma du Djerid.

C. — **Conditions topographiques.** — C'est un groupement des basses plaines steppiques.

D. — **Conditions édaphiques.** — Il s'agit toujours de steppes sablonneuses à sables plus ou moins grossier. Cependant on peut distinguer des sous-associations et des sous-variantes selon la nature et la profondeur du substrat sur lequel reposent les sables de la steppe. Nous étudierons 4 profils: 1 profil représentatif des conditions où se développe l'association type; 1 profil d'une sous-association à *Salsola vermiculata* var. *villosa*, 1 profil d'une sous-association à *Anabasis oropetiorum* et, enfin, 1 profil de la variante à *Astragalus gyzensis*.

a) *Profil de l'association typique.* — 2 km au nord de Gouifla — Coordonnées: 38 G 01'25" × 60 G 65'00".

Profil 11

- 0- 45 — Sable demi-grossier; structure particulaire; HC1⁺⁺; humide; racines et radicelles; couleur 7,5 YR 7/6 (jaune-rougeâtre).
- 45- 60 — Limon très sableux à sable moyen; structure particulaire serrée tendant à nuciforme; humide; 7,5 YR 5/6 (brun foncé).
- 60-205 — Sable grossier légèrement graveleux; structure particulaire lâche; racines et radicelles; humide; couleur 7,5 YR 5/8 (brun foncé).

Analyses

P 11. — ANALYSES PHYSIQUES. — Association à *Arthrophytum Schmittianum* var. *prostratum* et *Thymelaea microphylla* sous-association typique

Profond.	Granulométrie								Extrait de pâte saturée				He
	STG	SG	S $\frac{1}{2}$ G	S $\frac{1}{2}$ F	SF	STF	L	Coll. Min.	pour 1000		Conduc- tivité mmhos	% satura- tion	
	2000 µ 1000	1000 à 500	500 à 200	200 à 100	100 à 50	50 à 20	20 à 2	- de 2 µ	Cl ⁻	Rs			
0 - 45	2	13	45	20	9	1	3	7	0,10	0,27	0,51	19,6	6
45 - 60	4	7	21	18	18	6	9	17	0,10	0,15	1,9	25,8	13
60 - 200	11	23	33	11	10	6	3	3	0,10	1,3	2,3	16,8	14

P 11. — ANALYSES CHIMIQUE

Profond.	millequivalents ‰			Na ‰ de Tc	‰ terre sèche						pH
	Capacité d'échange				CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Cl ⁻	SO ₄	SO ₄ Ca 2H ₂ O	Cl Na	
	T	Tcorr	Na								
0 - 45	5,2	5,7	0,45	7,9	18,7	11,0	0,01	traces	Tr	0,016	8,2
45 - 60	9,5	10,4	0,50	5,0	12,4	1,0	0,005	-	Tr	0,008	7,6
60 - 205	4,4	4,8	0,45	9,4	12,9	1,5	0,005	2,2	3,9	0,008	7,8

Interprétation : alluvions à texture grossière de l'Oued Seldja. La teneur en sulfate est parfois plus élevée que dans ce profil : elle peut atteindre 10 à 15 % dans certains horizons du profil; mais elle se situe normalement autour de 2-5 %.

b) *Profil de la sous-association à Salsola vermiculata var. villosa* — région de Gouifla : 1 km à l'Est vers M'dilla — coordonnées : 37 G 94'00" × 6 G 65'05".

Profil

- 0- 48 — Sable moyen à fin, un peu gypseux; humide; structure particulaire; racines et radicelles; couleur 7,5 YR 5/6 (brun foncé).
 48-113 — Sable fin limoneux très gypseux; peu humide; racines; structure particulaire serrée; couleur 7,5 YR 7/4 (rosé).
 113-134 — Sable moyen à fin; gypseux; humide; racines et radicelles; structure particulaire; serrée; couleur 7,5 YR 8/6 (jaune rougeâtre).
 134-170 — Sable fin peu limoneux; gypseux; structure nuciforme; humide; nombreux pseudomycéliums gypseux fins.

Analyses

P 12. — ANALYSES PHYSIQUES. — Sous-association à *Salsola vermiculata var. villosa* de l'association à *Arthrophytum Schmittianum* et *Thymelaea microphylla*

Profond.	Granulométrie								Extrait de pâte saturée				
	STG	SG	S ₂ G	S ₂ F	SF	STF	L	Coll. Min.	pour 1000		Conduc-tivité mmhos	% saturation	He
	2000 μ à 1000	1000 à 500	500 à 200	200 à 100	100 à 50	50 à 20	20 à 2	- de 2 μ	Cl ⁻	RS			
0 - 48	4	11	26	19	17	17	3	3	0,17	3,9	6	26,8	12
48 - 113	2	5	18	18	17	16	9	15	3,72	10,2	16	33,2	28
113 - 134	1	5	35	27	15	7	2	8	2,13	7	10,5	27,8	14
134 - 170	0	4	27	25	17	8	6	13	3,01	9,2	13,1	33	14

P 12. — ANALYSES CHIMIQUES

Profond.	millequivalents %				% terre sèche						
	Capacité d'échange			Na % de Tc	CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Cl ⁻	SO ₄	SO ₄ Ca 2H ₂ O	Cl Na	pH
	T	Tcorr	Na								
0 - 48	4,8	5,28	1,1	20,7	18,2	10	0,02	3,45	6,1	0,032	8,0
48 - 113	4,4	4,8	2	41,6	16	15	0,14	16,37	29,3	0,229	8,2
113 - 134	4,4	4,8	1,5	23,9	17,8	7	0,07	6,62	11,8	0,114	8,1
134 - 170	4,4	5,4	1,65	30,5	17,3	8	0,12	7,4	13,3	0,196	8,1

Interprétation : Sol alluvial à texture grossière, gypseux et subhalomorphe (cryptosolontchack) en profondeur (2,29 ‰ de NaCl) horizon enrichi en gypse entre 48 et 113.

Donc tendance vers un sol steppique brun subdésertique, famille à imprégnation gypseuse, série à halomorphie profonde, type à texture grossière.

c) *Sous-association à Anabasis oropedium* — Profil étudié à 9 km au Sud de Metlaoui : coordonnées : 38 G 07'55" × 6 G 67'80".

Profil 13

- 0-70 — Sable demi-grossier à grossier; HCl⁺⁺; structure particulaire lâche; assez sec; racines et racelles; couleur 5 YR 7/6 (jaune rougeâtre).
 70-120 — Sable grossier très peu limoneux; structure particulaire légèrement gypseux; quelques nodules calcaires de 100 à 120; humide; couleur 5 YR 6/8 (jaune-rougeâtre).
 120-200 — Sable grossier limoneux calcaro-gypseux; structure particulaire; cailloux roulés calcaires de 190-205; humide; tendance à encroûtement gypso-calcaire; couleur 7,5 YR 7/6 (jaune-rougeâtre).

Analyses

P 13. — ANALYSES PHYSIQUES. — Sous-association à *Anabasis oropedium* de l'association à *Arthrophytum Schmittianum* et *Thymelea microphylla*

Profond.	Granulométrie								Extrait de pâte saturée				He
	STG	SG	S $\frac{1}{2}$ G	S $\frac{1}{2}$ F	SF	STF	L	Coll. Min.	pour 1000		Conduc- tivité mmhos	% satura- tion	
	2000 μ à 1000	1000 à 500	500 à 200	200 à 100	100 à 50	50 à 20	20 à 2	- de 2 μ	Cl ⁻	RS			
0 - 60	4	11	37	18	14	8	3	5	0,07	2,2	3,7	17,6	5,9
60 - 120	8	9	31	15	13	11	7	6	0,17	2,6	4,2	19,8	8,7
120 - 200	8	10	23	14	11	14	4	16	0,17	2,3	3,8	22,8	

P 13. — ANALYSES CHIMIQUES

Profond.	millequivalents %			Na % de Tc	% terre sèche						pH
	Capacité d'échange				CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Cl ⁻	SO ₄	SO ₄ Ca 2H ₂ O	Cl Na	
	T	Tcorr	Na								
0 - 60	3,7	4	0,20	5	12,2	2	0,01	0,45	0,80	0,016	7,7
60 - 120	4,7	5,2	0,80	15,3	14,8	7,5	0,01	2,10	3,7	0,016	7,4
120 - 200					11,7	11	0,01	16	28,8	0,016	7,5

Interprétation : alluvions grossières à horizon imprégné de 40 % de calcaire et de gypse (entre 120 et 200). Donc sol brun subdésertique évolué dans des alluvions à texture grossière.

d) *Profil représentatif des sols portant la variante à Astragalus Gyzensis* — 3 km au Sud de Gouifla — coordonnées : 37 G 92'00" × 6 G 58'80".

Profil 14

- 0-110 — Sable grossier; structure particulaire; humide; racines et racelles; HCl⁺⁺; couleur 7,5 YR 7/8 (jaune-rougeâtre).

110-120 — Sable grossier limoneux gypseux à gypse pulvérulent; humide; racines et radicelles; structure particulière; couleur 7,5 YR 7/6 (jaune-rougeâtre).

P 14. — ANALYSES PHYSIQUES. — Variante à *Astragalus gyzensis* de l'association à *Arthrophytum Schmittianum* et *Thymelaea microphylla*

Profond.	Granulométrie								Extrait de pâte saturée				
	STG	SG	S $\frac{1}{2}$ G	S $\frac{1}{2}$ F	SF	STF	L	Coll. Min.	pour 1000		Conductivité mmhos	% saturations	He
	2000 μ à 1000	1000 à 500	500 à 200	200 à 100	100 à 50	50 à 20	20 à 2	- de 2 μ	Cl ⁻	RS			
0 - 110	3	12	30	22	20	5	3	5	0,10	1,9	3,2	23,4	8
110 - 220	3	8	25	20	20	6	5	13	0,17	2,1	3,6	26,4	13

P 14. — ANALYSES CHIMIQUES

Profond.	millequivalents %				% terre sèche							
	Capacité d'échange			Na % de Tc	CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Cl ⁻	SO ₄	SO ₄ Ca 2H ₂ O	Cl Na	pH	
	T	Tcorr	Na									
0 - 110	3,6	3,9	0,45	11,5	20	8,5	0,005	traces	Tr	0,008	7,7	
110 - 220	4,8	5,2	2,30	44	15,5	1,5	0,02	7,03	13,2	0,033	7,8	

E. — *Conditions humaines et animales.* — Cette steppe est utilisée comme terrain de parours.

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — *Structure*

C'est une steppe à chaméphytes comprenant deux strates. La strate 30-50 cm est constituée de chaméphytes principalement d'*Arthrophytum Schmittianum* var. *prostratum* et de *Thymelaea microphylla*. La strate inférieure 10-20 cm est formée de thérophytes et d'hémicryptophytes. La végétation couvre en moyenne environ 50 % de la surface du sol.

B. — *Diagnose*

A) Groupe écologique psammophile de l'étage méditerranéen aride inférieur — Caractéristique physionomique

V² *Arthrophytum Schmittianum* var. *prostratum*
V² *Thymelaea microphylla*
III³ *Aristida obtusa*
III² *Reseda arabica*

III² *Danthonia Forskahlei*
III² *Neurada procumbens*
III¹ *Cutandia dichotoma* var. *memphitica*
II¹ *Malva aegyptia*

1) Groupe éco-climatique de l'étage aride supérieur différentiel de variante

- | | |
|--|--|
| V ² <i>Eragrostis papposa</i> | IV ² <i>Astragalus cruciatus</i> ssp. <i>Linkianus</i> |
| V ² <i>Stipa parviflora</i> | III ² <i>Echinops spinosus</i> ssp. <i>Bovei</i> |
| V ² <i>Thymelae hirsuta</i> | III ² <i>Erodium triangulare</i> ssp. <i>laciniatum</i> |
| IV ² <i>Aristida plumosa</i> ssp. <i>eu-plumosa</i> | II ¹ <i>Paronychia argentea</i> |
| | II ¹ <i>Dianthus crinitus</i> |

2) Groupe éco-climatique de psammophytes de l'étage aride inférieur et de l'étage saharien

- | | |
|---|--|
| V ² <i>Asphodelus viscidulus</i> | IV ² <i>Astragalus hispidulus</i> ssp. <i>Kralickii</i> |
| IV ² <i>Asphodelus refractus</i> | III ² <i>Plantago ciliata</i> |
| IV ² <i>Astragalus sinaicus</i> | III ¹ <i>Aristida plumosa</i> ssp. <i>lanuginosa</i> |
| | III ¹ <i>Centaurea furfuracea</i> |

3) Groupe éco-climatique de l'étage saharien

- | | |
|---|---|
| V ² <i>Eremobium aegyptiacum</i> ssp. <i>longisiliquum</i> | III ¹ <i>Chrysanthemum deserticola</i> |
| V ¹ <i>Echium trigorrhizum</i> | III ¹ <i>Polycarpha repens</i> |
| IV ² <i>Astragalus gyzensis</i> | III ⁺ <i>Launaea glomerata</i> |
| IV ¹ <i>Chrysanthemum macrocarpum</i> | II ⁺ <i>Brocchia cinerea</i> |
| IV ¹ <i>Stephanochilus omphalodes</i> | II ¹ <i>Cyperus conglomeratus</i> |

4) Groupe éco-climatique lié aux hivers frais

- | | |
|--|---|
| IV ² <i>Linaria laxiflora</i> | II ² <i>Ammosperma cinereum</i> |
| III ² <i>Chrysanthemum fuscatum</i> | II ¹ <i>Cleome arabica</i> ssp. <i>amblyocarpa</i> |
| II ² <i>Matricaria pubescens</i> | II ¹ <i>Reseda lutea</i> ssp. <i>neglecta</i> |

a) Groupe psammophile de l'étage aride s. l.

- | | |
|---|--|
| V ²⁻³ <i>Plantago albicans</i> ssp. <i>albicans</i> | III ² <i>Lotus pusillus</i> |
| IV ² <i>Argyrolobium uniflorum</i> | III ² <i>Ifloga spicata</i> |
| III ²⁻³ <i>Echiochilon fruticosum</i> | III ² <i>Schismus barbatus</i> ssp. <i>calycinus</i> |
| III ² <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i> | III ² <i>Hippocrepis bicontorta</i> |
| III ² <i>Medicago minima</i> | III ¹ <i>Paronychia arabica</i> var. <i>longiseta</i> |
| III ² <i>Filago germanica</i> ssp. <i>micropodioides</i> | III ¹ <i>Onopordon arenarium</i> |
| | III ¹ <i>Bassia muricata</i> |

b) Groupe gypsophile

- | | |
|--|--|
| III ¹ <i>Astragalus armatus</i> ssp. <i>tragacanthoides</i> | I ² <i>Lygeum spartum</i> |
| II ¹ <i>Nasturtiopsis coronopifolius</i> | I ¹ <i>Erodium glaucophyllum</i> |
| I ² <i>Diplotaxis Harra</i> | I ¹ <i>Lonchophora capiomontana</i> |
| I ² <i>Chrysanthemum trifurcatum</i> | I ¹ <i>Pteranthus dichotomus</i> |
| I ² <i>Aristida ciliata</i> | I ¹ <i>Launaea angustifolia</i> |
| I ² <i>Anabasis aphylla</i> | I ¹ <i>Moricandia arvensis</i> ssp. <i>suffruticosa</i> |

c) Groupe lié aux sols à croûtes

- | | |
|--|--|
| V ² <i>Atractylis serratuloides</i> | III ¹ <i>Herniaria Fontanesii</i> |
| V ¹ <i>Anabasis oropediorum</i> | III ¹ <i>Gymnocarpos decander</i> |
| V ¹ <i>Helianthemum Kahiricum</i> | II ⁺ <i>Scilla villosa</i> |

d) Groupe nitratophile et rudéral

- | | |
|---|---|
| III ² <i>Malva parviflora</i> | II ¹ <i>Asphodelus tenuifolius</i> |
| III ² <i>Asphodelus fistulosus</i> | I ² <i>Thapsia garganica</i> |
| III ¹ <i>Emex spinosus</i> | I ⁺ <i>Calendula aegyptiaca</i> |
| II ¹ <i>Peganum harmala</i> | I ⁺ <i>Notoceras bicornis</i> |

e) Groupe halocline

- | | |
|---|--|
| V ³ <i>Salsola vermiculata</i> var. <i>villosa</i> | V ³ <i>Traganum nudatum</i> var. <i>obtusatum</i> |
| | I ⁺ <i>Tamarix pauciovulata</i> |

f) Groupe lié aux zones d'épandages de crues d'oueds

Ziziphus lotus

g) Groupe lié aux accumulations éoliennes

Aristida pungens *Rumex tingitanus* var. *lacerus*

C. — *Biologie*

Thérophytes	59,5 %
Chaméphytes	17,8 %
Hémicryptophytes	17,2 %
Géophytes	4,8 %
Nanophanérophytes	7 %

Il est difficile de dire quelle a été ici la végétation primitive. Cependant, considérant le climat et le sol, on peut penser que cette végétation primitive a été probablement une steppe arborée. Quoiqu'il en soit, la steppe actuelle est passablement dégradée par le surpâturage, les espèces inaltérables y sont souvent dominantes.

E. — *Discussion — Interprétation*

L'association à *Arthrophytum Schmittianum* et *Thymelaea microphylla* comprend 3 variantes climatiques.

La première (variante à *Eragrostis papposa*) a été étudiée plus haut (n° 10); elle se développe au contact des étages méditerranéens arides supérieur et inférieur.

La seconde est constituée par l'association type qui se développe au cœur de l'étage aride inférieur à hivers frais.

La troisième est formée par la variante à *Astragalus gyzensis*; elle est localisée au contact de l'étage saharien à hivers frais, assurant la transition vers l'association à *Cyperus conglomeratus* et *Cornulaca monacantha* (cf. infra).

La steppe à *Arthrophytum Schmittianum* et *Thymelaea microphylla* est donc à peu près l'homologue dans les climats à hivers frais, de la steppe littorale à *Rhantherium suaveolens* et *Stipa Lagascae* des climats à hivers doux.

I) L'association type se définit par la présence des groupes A-2-4-a à l'exclusion des autres.

II) La variante à *Astragalus gyzensis* se caractérise par les groupes A-2-3-4-a à l'exclusion des autres.

III) La variante à *Eragrostis papposa* a été définie plus haut; elle se compose des groupes A-1-4-a à l'exclusion des autres.

Si l'on porte dans un tableau les groupements climatiques I-II-III en abscisses, et les groupes édaphiques et d'action anthropozoïque en ordonnées on obtient les combinaisons suivantes.

ECOGRAMME

A-I-b = sous-association à *Diploaxis Harra*

A-II-b et A-III-b = sous-variantes à *Diploaxis Harra*

A-I-e = sous-association à *Salsola vermiculata* var. *villosa*

A-II-e et III-e = sous-variantes à *Salsola vermiculata* var. *villosa*

A-I-c = sous-association à *Gymnocarpus decander* et *Atractylis serratuloides*

A-II-c et A-III-c = sous-variantes à *Gymnocarpus decander* et *Atractylis serratuloides*

A-I-b-c = sous-association à *Gymnocarpus decander* et *Diploaxis Harra*

A-II-b-c et A-III-b-c = sous-variantes à *Gymnocarpus decander* et *Diploaxis Harra*

A-I-d = différents faciès anthropozoogènes, notamment à *Peganum harmala* et *Malva parviflora*, à *Asphodelus fistulosus*.

Les faciès peuvent se surimposer à toutes les autres combinaisons.

Les combinaisons marquées d'une + n'ont pas encore été observées. Mais rien ne s'oppose à leur existence. Ce sont des groupements théoriques qui seront probablement observés dans la réalité par la suite.

L'association à *Arthrophytum Schmittianum* var. *prostratum* et *Thymelaea microphylla* comprend donc au moins 24 groupements végétaux dont 19 ont été observés jusqu'ici; cinq, au moins, restent à découvrir dont l'existence est prévue. D'autres combinaisons plus complexes sont possibles telle I-b-c-e-g, etc...

ECOGRAMME

A				
groupes éco-climatiques groupes éco-édaphiques	II Astrag. gyzensis	I Assoc. typique	III Eragr. papposa	groupes éco-climatiques Sols
a	A IIa	A Ia	A IIIa	Sables profonds
b	IIb	Ib	IIIb	Sables plus ou moins gypseux
c	IIc +	Ic +	IIIc	Sables sur encroûtements calcaires
bc	IIbc	Ibc	IIIbc +	Sables sur encroûtements gypseux
d	IIId	Id	IIId	Végétation influencée par l'homme et les animaux (surpâturage)
e	IIe	Ie	IIIe	Horizon faiblement salé en profondeur
f	If +	IIf	IIIIf	Appoint d'eau de crues
g	IIg +	Ig	IIIg	Accumulations éoliennes
groupes éda- phiques Climats	Q # 12 m # 3	Q # 15 m # 3	Q # 20 m # 3	Sols Climats

+ combinaisons non encore observées

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — L'exploitation actuelle de ces groupements est le pâturage. Ce pâturage est généralement dégradé et comprend un grand nombre d'espèces inaltérables, dont certaines sont dominantes telles : *Arthrophytum Schmittianum*. Certains faciès à *Asphodelus fistulosus*, à *Thapsia garganica*, à *Malva parviflora*, à *Cleome arabica* représentent une dégradation ultime due au surpâturage; les surfaces couvertes par ces faciès ont perdu toute valeur pastorale.

B. — **Potentielle.** — Les groupements III (variante à *Eragrostis papposa*) III-a, III-d et III-g sont probablement exploitables en arboriculture sèche. Mais la rentabilité de cette exploi-

tation reste à démontrer, car les olivettes créées dans ces milieux sont toutes trop récentes pour permettre de tirer des conclusions. Des jeunes plantations d'*Eucalyptus camaldulensis* et *gomphocephala* existent dans III-a (au nord de Gafsa), après un vigoureux départ, elles ont dé péri (A. SCHOENENBERGER, *in litteris*).

Les groupements de la série I et, *a fortiori*, ceux de la série II ne peuvent être plantés en sec, le climat y étant trop aride. Les seules possibilités sont les cultures irriguées dans I, II, Id, et IId; dans I et IId les cultures irriguées nécessiteront parfois un réseau de drainage.

Dans les autres groupements, la seule possibilité de mise en valeur est le pâturage. La valeur actuelle de ces pâturages est variable selon les groupements considérés.

Pour Ia cette production s'abaisse aux environs de 60-80 U.F.

Pour IIIa la production est de l'ordre de 100 U.F. par hectare.

Pour IIa la production ne dépasse guère 20-40 U.F.

Les sous-associations et sous-variantes présentent des productions plus basses encore.

412-3. — Groupements des zones d'épandage, terrasses fluviales et dépressions

Groupement 18. — Association à *Ziziphus Lotus* et *Retama raetam*

I. — Le milieu

A. — *Aire géographique.* — Cette association a été étudiée dans la Djeffara, le Sahel de Gabès et les basses plaines orientales.

B. — *Conditions climatiques.* — Climat méditerranéen aride inférieur; dans les variantes à hiver doux et à hiver tempéré. $120 < P < 200$; $4 < m < 6$; $15 < Q < 25$.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement des thalwegs, terrasses d'oueds et zones d'épandage, bref des points bas où la topographie permet des infiltrations d'eaux supérieures à la normale.

D. — *Conditions édaphiques.* — Les sols portant ce groupement sont constitués d'alluvions fluviales plus ou moins récentes qui ont subi parfois une nouvelle évolution sur place tendant à donner un sol brun sub-désertique à horizon de nodules calcaires. Voici un profil étudié aux environs de Médenine — coordonnées : 37 G 16' 05" × 8 G 94' 05".

Profil 15

0-170 — Sable fin limoneux à structure particulière serrée; quelques petits cailloux calcaires roulés dans la masse; débris d'*Helix* assez nombreux; racines, radicelles; couleur 5 YR 6/6 (jaune rougeâtre).

Granulométrie :	1 000 à 2 000 μ	0 %
	500 à 1 000 μ	1 %
	200 à 500 μ	2 %
	100 à 200 μ	22 %
	50 à 100 μ	41 %
	20 à 50 μ	16 %
	2 à 20 μ	10 %
	moins de 2 μ	8 %

Humidité équivalente : 10 %; capacité d'échange : 8 milliéquiv.; Na % de cap. éch. : 25 %; calcaire total : 13 %; calcaire actif : 2 %; Cl^- : 0,1 %; SO_4^{--} : 0,2 %; pH : 8,6.

170-225 — Sable fin limoneux à structure nuciforme; assez nombreux *Helix*; quelques nodules calcaires tendres; nombreuses racines et radicelles; couleur 5 YR 6/6 (jaune-rougeâtre).

Granulométrie :	500 à 200 μ	0 %
	200 à 500 μ	1 %
	100 à 200 μ	9 %
	50 à 100 μ	57 %
	20 à 50 μ	12 %
	2 à 20 μ	10 %
	moins de 2 μ	11 %

Humidité équivalente : 10 %; capacité d'échange : 7,8 milliéquiv.; Na % cap. éch. : 19,9 %; CO₃Ca total : 15,2 %; CO₃Ca actif : 5,5 %; Cl⁻ : 0,6 ‰; SO₄⁻ : Tr.; pH : 8,7.

225-300 — Limon sableux à structure nuciforme serrée; nombreux nodules calcaires tendres; racines, radicelles; quelques *Helix*; couleur 5 YR 6/6 (jaune-rougeâtre).

Interprétation : Alluvion peu différenciée reposant sur un sol brun subdésertique (225-300). La granulométrie est identique à celle des loess des Matmatas (cf. *supra*) à quelques fluctuations aléatoires près. Il s'agit donc d'apports fluviatiles provenant probablement de ces loess remaniés. Ce fait n'a rien de surprenant, le profil ayant été étudié dans une terrasse d'oued naissant dans les Matmatas mais à 50 km en aval du Djebel.

E. — *Conditions humaines et animales*. — Ce milieu est soumis à des cultures épisodiques (orge) lorsque la pluviosité automnale est favorable. Des barrages ont parfois été constitués sur les oueds mineurs qui permettent une mise en valeur plus intensive.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

Physionomiquement, cette végétation peut se rattacher au Scrubb; c'est en réalité une steppe à chaméphytes parsemée de touffes de Jujubier en Nebka (50) analogue à l'association à Jujubier et Armoise champêtre décrite par LONG dans la région de Sidi Bouzid. Du point de vue de la structure on est en présence de deux éléments interdépendants : la steppe à chaméphytes et l'intérieur des touffes de jujubier qui constitue le Scrubb proprement dit. Les deux éléments sont inséparables car le jujubier émet ses racines hors de la Nebka. La Nebka elle-même dépend aussi du substrat sur lequel elle repose. Sur un sol gypseux par exemple, la Nebka aura des caractères différents et sera colonisée par des espèces différentes. L'ensemble de la formation ne peut être appelé un Scrubb, qui par définition est formé d'épineux denses, ni une steppe puisque celle-ci contient des micro-scrubbs; c'est en réalité une mosaïque de steppe et scrubb pour laquelle nous proposons le nom de *scrubb steppique*.

B. — *Diagnose*

a) groupe écologique des dépressions alluviales

V ³ <i>Ziziphus Lotus</i>	III ¹ <i>Calycotome villosa</i> ssp. <i>intermedia</i>
III ² <i>Retama raetam</i>	II ² <i>Lycium arabicum</i>
	I ¹ <i>Asparagus stipularis</i>

b) groupe écologique d'espèces liées à la culture ou favorisées par elle

V ³ <i>Artemisia campestris</i>	II ¹ <i>Chrysanthemum coronarium</i>
V ² <i>Cynodon dactylon</i>	II ² <i>Carduncellus eriocephalus</i>
IV ² <i>Pituranthos tortuosus</i>	I ¹ <i>Anagallis Monelli</i> ssp. <i>linifolia</i>
III ² <i>Convolvulus supinus</i>	I ¹ <i>Haplophyllum vermiculare</i>
III ² <i>Echinops spinosus</i> ssp. <i>eu-spinosus</i>	I ⁺ <i>Tournefortia verbascifolia</i>
III ² <i>Peganum harmala</i>	I ⁺ <i>Onopordon arenarium</i>

(50) Nebka : accumulation de sable autour du végétal, fixée par lui, le végétal s'exhaussant à mesure que l'accumulation augmente.

c) groupe écologique des sols à texture moyenne

III ² <i>Stipa retorta</i>	III ⁺ <i>Eryngium ilicifolium</i>
III ¹ <i>Arthrophytum scoparium</i> var. <i>articulatum</i>	II ⁺ <i>Artemisia herba alba</i>
III ¹ <i>Ajuga iva</i> ssp. <i>pseudo-iva</i>	I ⁺ <i>Carrichtera annua</i>

d) groupe écologique des psammophiles de l'étage aride

V ² <i>Polygonum equisetiforme</i>	III ¹ <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>
IV ² <i>Echiochilon fruticosum</i>	II ² <i>Koeleria pubescens</i> ssp. <i>Salzmannii</i>
IV ² <i>Plantago albicans</i>	II ² <i>Anaclyclus cyrtolepidioides</i>
III ² <i>Linaria aegyptiaca</i> ssp. <i>fruticosa</i>	II ¹ <i>Argyrobium uniflorum</i>
III ¹ <i>Lauaea resedifolia</i> ssp. <i>eu-resedifolia</i>	II ¹ <i>Colocynthis vulgaris</i>
III ¹ <i>Salsola vermiculata</i> var. <i>brevifolia</i>	II ¹ <i>Reseda decursiva</i> var. <i>eremophila</i>

C. — **Biologie**

Thérophytes	52,2 %
Chaméphytes	24,5 %
Hémicryptophytes	14,8 %
Nanophanérophytes	4,2 %
Géophytes	3,3 %

Les nanophanérophytes ne représentent que 4,2 % du nombre des espèces; ils couvrent cependant 10 à 20 % de la surface et sont tous réunis dans les Nebkas, excepté *Retama raetam*. Le spectre de la Nebka est sensiblement différent: peu de chaméphytes, hémicryptophytes et géophytes; une strate de nanophanérophytes sous laquelle se développe une strate de thérophytes plus ou moins nitrophiles.

La Nebka est un milieu d'intense activité biologique. Les rongeurs, les lézards, les serpents et les insectes y ont leurs terriers; la couverture d'épineux les y protège contre les prédateurs, notamment les oiseaux. Les terriers de chacals n'y sont pas rares. La Nebka constitue donc une biocoenose très active à laquelle sont liées un certain nombre d'espèces animales et végétales.

D. — **Dynamisme**

Ce milieu a été cultivé de temps immémorial, les vestiges d'ouvrages hydrauliques romains y sont très nombreux. Il semble que le schéma évolutif soit le suivant:

1. — Végétation primitive arborescente: probablement *Juniperus phoenicea* et *Pistacia atlantica*.
2. — Déforestation et culture à l'époque romaine.
3. — Steppisation à l'époque arabe.
4. — Cultures épisodiques depuis une cinquantaine d'années.
5. — Cultures arboricoles permanentes derrière barrages dans les cas les plus évolués et depuis 10 à 15 ans.

L'étude de régions moins densément habitées nous conduit à penser que les groupements à Jujubier dérivent toujours d'une végétation primitive arborée (*Acacia*, *Pistacia* ou *Juniperus*).

E. — **Discussion — Interprétation**

Le groupe *a* est lié à l'existence d'un appoint d'eau par suissellement (51). En effet, dans le climat aride inférieur ces plantes ne se rencontrent que dans les dépressions, dayas, terrasses d'oueds et cônes d'épandage.

On notera la présence de *Retama raetam* dans ce groupe écologique. Ce fait peut surprendre *a priori* puisqu'ailleurs nous le plaçons dans le groupe d'espèces liées aux sables mobiles. Cette contradiction n'est qu'apparente: en effet, en milieu steppique le Retam est

(51) Ce fait, cependant manifeste jusque dans la Tunisie centrale, semble avoir échappé à LONG (1954).

lié aux sables mouvants parce que ces milieux y sont les moins xériques. Il en est de même ici : les apports d'eau de ruissellement diminuent la xéricité du milieu, ce qui permet la présence du Retam. Il en est de même en zone saharienne où le Retam colonise deux types de stations; les dunes et les lits d'oueds. Tout se passe donc comme si le Retam était lié à un seuil d'humidité du milieu plutôt qu'à un type de texture du sol. Il peut alors y avoir compensation de facteurs dont la résultante est la même vis-à-vis de l'humidité. Cependant, la présence de Retam dans les dépressions est un indice de bon drainage, car celui-ci ne peut supporter l'asphyxie si brève soit-elle. La présence du Retam dans un milieu est donc liée à l'absence de conditions asphyxiantes et à une certaine quantité d'eau disponible, quelle que soit l'origine de celle-ci (précipitations, ruissellement, condensations occultes).

Ces faits prouvent — s'il en est besoin — qu'on ne peut caractériser un milieu par une plante et que d'autre part une même plante peut appartenir à plusieurs groupes écologiques; c'est donc seulement un ensemble de groupes écologiques qui peut caractériser un milieu.

Les autres groupes écologiques de l'association à *Ziziphus Lotus* et *Retama raetam* sont liés aux caractères suivants :

- b) Groupe de plantes liées aux cultures ou favorisées par elles dans le sous-climat aride inférieur; *Artemisia campestris* est liée à la culture alors qu'elle ne l'est pas dans le sous-climat supérieur. Ceci s'explique par le fait que la culture améliore le bilan hydrique du sol en favorisant l'infiltration des eaux de pluie.
- c) Le groupe c est lié aux sols à texture moyenne colmatés par un glaciis superficiel; ce groupe est ici fragmentaire parce que la somme limon + colloïdes minéraux ne dépasse pas 10-20 % et que le glaciis superficiel est périodiquement détruit par le labour.
- d) Le groupe d est lié aux sables. Les horizons superficiels du sol contiennent ici 80 à 90 % de sables.

En résumé cette végétation définit un milieu enrichi en eaux de ruissellement par sa position topographique où le sol sablo-limoneux est cultivé épisodiquement.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — L'exploitation la plus commune de ce milieu est une culture d'orge épisodique; les semailles étant commandées par les pluies d'automne. Les récoltes y sont faibles et dépendent de la régularité des pluies hivernales. Les récoltes sont en moyenne de 5 quintaux d'orge par hectare.

B. — **Potentielle.** — La meilleure méthode de mise en valeur consiste à construire des barrages de retenue pour les eaux de ruissellement. Dans ce cas l'arboriculture est possible et rentable. La surface de l'impluvium doit être d'environ 5 fois supérieure à celle de la surface cultivée. Ce type de mise en valeur tend d'ailleurs à se répandre.

Groupement 19. — Association à *Nitraria retusa* et *Ziziphus Lotus*

I. — Le milieu

A. — **Aire géographique.** — Ce groupement a été mis en évidence par des relevés en provenance de la Djeffara, des basses plaines orientales et du bas Sahel de Gabès, Mareth, Médenine, Zarzis, Ben Gardane, Mehamla, Le Skirra, Maharès.

B. — *Conditions climatiques.* — Cette végétation se développe dans le climat méditerranéen aride inférieur, variante à hivers doux ou tempérés: $100 < P < 200$; $12 < Q < 25$; $4 < m < 7$.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement de basses steppes dont il occupe les dépressions, comme le groupement 17.

D. — *Conditions édaphiques.* — L'association à *Ziziphus* et *Nitraria* se développe sur des alluvions ou colluvions de texture demi-grossière, présentant en profondeur un encroûtement calcaro-gypseux.

Voici un profil étudié aux environs de Gabès dans la terrasse supérieure de l'oued Mersitt — coordonnées : 37 G 54' 30" × 8 G 64' 00".

Profil 16

- 0-110 — Surface colmatée en un glaciis superficiel; sable fin peu gypseux à structure particulière; humide à partir de 65; racines et radicules nombreuses; débris d'*Helix*; rares nodules calcaires; couleur 5 YR 6/6 (jaune-rougeâtre).

Granulométrie :	1 000 à 2 000 μ	0 %
	500 à 1 000 μ	1 %
	200 à 500 μ	1 %
	100 à 200 μ	19 %
	50 à 100 μ	54 %
	20 à 50 μ	10 %
	2 à 20 μ	5 %
	moins de 2 μ	10 %

Humidité équivalente : 9 %; cap. éch. : 6,8 %; Na % cap. éch. : 11 %; CO_3Ca total : 13,2 %; CO_3Ca actif : 2,0 %; Cl^- : 0,4 ‰; $\text{SO}_4\text{Ca } 2\text{H}_2\text{O}$: 0,9 %; pH : 8.

- 110-115 — Horizon à nombreux nodules calcaires de 0,5 à 3 cm de diamètre, assez tendres; réunis par du sable fin peu limoneux.

- 115-140 — Sable fin calcaro-gypseux à fins pseudo-mycéliums; quelques petits nodules calcaires; structure particulière; HCl^+ ; assez sec; radicules; couleurs 5 YR 5/2 (gris-rougeâtre); légère tirsification.

Granulométrie :	1 000 à 2 000 μ	2 %
	500 à 1 000 μ	1 %
	200 à 500 μ	1 %
	100 à 200 μ	22 %
	50 à 100 μ	51 %
	20 à 50 μ	7 %
	2 à 20 μ	5 %
	moins de 2 μ	11 %

Humidité équivalente : 13 %; cap. éch. : 6,7 milliéquiv.; Na % cap. éch. : 9 %; CO_3Ca total : 16,2 %; CO_3Ca actif : 3,0 %; Cl^- : 0,8 ‰; $\text{SO}_4\text{Ca } 2\text{H}_2\text{O}$: 1,2 %; pH : 8,0.

- 140-190 — Encroûtement gypseux calcaire pulvérulent; HCl^{++} ; couleur 7 YR 7/1 (gris-rosé). Humidité équivalente : 26 %; CO_3Ca : 25 %; $\text{SO}_4\text{Ca } 2\text{H}_2\text{O}$: 45,7 %; cap. éch. : 4,5 milliéquiv.; Na % cap. éch. : 85; Cl^- : 0,3 ‰.

Interprétation : Encroûtement gypseux grimaldien alluvionné. Alluvions ayant subi une évolution pédologique vers un sol brun subdésertique à nodules calcaires.

— ordre des sols subdésertiques

— groupe sols bruns subdésertiques

— famille à nodules calcaires

— série sur encroûtement gypseux

— type à texture moyennement grossière.

E. — *Conditions humaines.* — Ce sol est soumis à des cultures épisodiques de céréales.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

La physionomie et la structure de cette association sont analogues à celle étudiée pour le groupement à *Ziziphus* et *Retam*. Il s'agit d'une steppe à chaméphytes parsemée de Nebkas; celles-ci sont colonisées par un scrubb à *Ziziphus* et *Nitraria*. Les Nebkas sont généralement plus rares et moins élevées que celles de l'association à *Ziziphus* et *Raetam*; elles donnent naissance aux mêmes biocoenoses.

B. — *Diagnose*

a) groupe écologique des dépressions recevant un appoint d'eau par ruissellement

V ³ <i>Ziziphus lotus</i>	II ² <i>Calycotome villosa</i> var. <i>intermedia</i>
V ² <i>Lycium arabicum</i>	II ⁺ <i>Retama raetam</i>
IV ⁺ <i>Asparagus stipularis</i>	I ¹ <i>Ephedra altissima</i> var. <i>algerica</i>
	I ⁺ <i>Hypparhenia hirta</i> (52)

b) groupe écologique gypsophile

V ³ <i>Nitraria retusa</i>	III ² <i>Launaea angustifolia</i>
V ² <i>Reaumuria vermiculata</i>	II ² <i>Erodium glaucophyllum</i>
V ² <i>Lygeum spartum</i>	II ¹ <i>Helianthemum crassifolium</i> ssp. <i>glaucum</i>
V ² <i>Astragalus armatus</i> ssp. <i>tragacanthoides</i>	II ¹ <i>Traganum nudatum</i>
	I ¹ <i>Pituranthos chloranthus</i> ssp. <i>Cossonianus</i>

c) groupe écologique halocline

II ¹ <i>Atriplex Halimus</i>	I ⁺ <i>Salsola vermiculata</i> var. <i>villosa</i>
---	---

d) groupe écologique des croûtes

IV ² <i>Gymnocarpus decander</i>	II ¹ <i>Helianthemum Kahiricum</i>
II ¹ <i>Atractylis serratuloides</i>	I ¹ <i>Anabasis oropediorum</i>

e) groupe de plantes liées à la culture ou favorisées par elle

V ² <i>Artemisia campestris</i>	IV ² <i>Cynodon dactylon</i>
V ² <i>Pituranthos tortuosus</i>	III ² <i>Carduncellus eriocephalus</i>
	II ¹ <i>Convolvulus supinus</i>

f) groupe des psammophiles de l'étage aride

V ² <i>Polygonum equisetiforme</i>	IV ² <i>Astragalus caprinus</i> ssp. <i>lanigerus</i>
V ² <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>	IV ² <i>Salsola vermiculata</i> var. <i>brevifolia</i>
IV ² <i>Plantago albicans</i>	III ² <i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>eu-resedifolia</i>
	III ¹ <i>Salvia lanigera</i>

C. — *Biologie*

Chaméphytes	39,2 %
Thérophytes	25 %
Hémicryptophytes	23,4 %
Nanophanérophytes	10,9 %
Géophytes	1,5 %

Les nanophanérophytes sont localisées dans les Nebkas : ce sont en majorité des épineux : *Ziziphus*, *Calycotome*, *Lycium*, *Nitraria*, *Atriplex*.

D. — *Dynamisme*

Ce groupement procède de la même dynamique que son homologue à *Ziziphus* et *Retam* (cf. *supra*).

(52) Espèce steppique de l'étage supérieur qui devient ripicole dans l'étage aride inférieur.

E. — Discussion — Interprétation

Les espèces les plus abondantes et les plus fidèles sont les gypsophytes du groupe b et celles du groupe a.

Le groupe halocline c est à peine esquissé. Le groupe des croûtes est fragmentaire et peu fidèle par suite de la profondeur de celle-ci (supérieur à 1 m).

L'on peut distinguer une sous-association à *Atractylis serratuloides* qui indique la présence de l'encroûtement à moins de 1,50 m.

Si l'encroûtement est voisin de la surface les espèces du groupe a disparaissent et l'on passe progressivement à l'association à *Anarrhinum brevifolium* et *Zygophyllum album* témoin des encroûtements gypseux superficiels. D'ailleurs ces 2 associations sont complémentaires. Dans la steppe gypseuse : l'association à *Anarrhinum* occupe les croupes dénudées où l'encroûtement est en surface; les dépressions de cette steppe sont occupées par l'association à *Nitraria* et *Ziziphus*, tandis que la sous-association à *Atractylis serratuloides* assure la transition sur les pentes. Nous avons donc une catena de sols et de groupements.

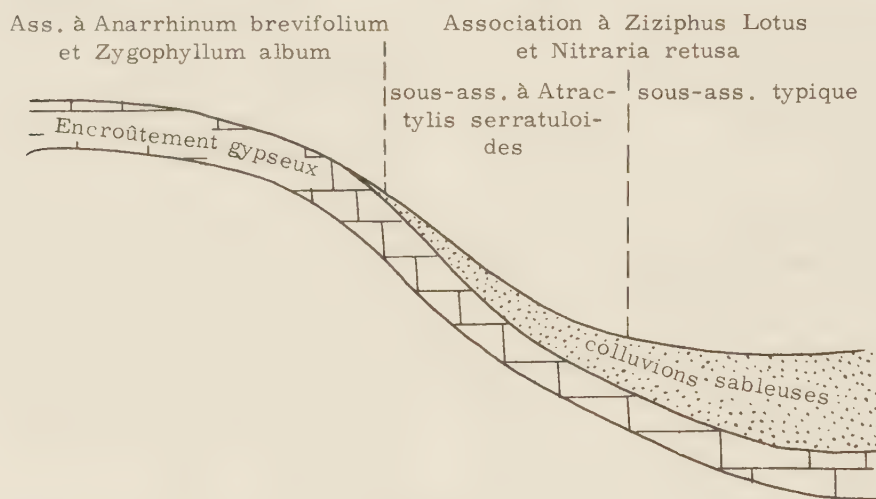


FIGURE 20

III. — Utilisation

Ce milieu est habituellement cultivé en orge, lorsque les pluies automnales sont favorables. L'arboriculture en sec y est vouée à l'échec : elle nécessite un appoint d'eau minimum de l'ordre de 1 000 m³ par hectare et par an.

Groupement 20. — Association à *Nitraria retusa*, *Suaeda mollis* et *Salsola Sieberi* var. *vesceritensis*

I. — Le milieu

A. — *Aire géographique.* — La distribution géographique de ce groupement est sensiblement la même que celle de l'association à *Ziziphus* et *Retam*; on le rencontre depuis Sfax jusqu'en Libye.

B. — **Conditions climatiques.** — Sous-étage aride inférieur, variantes à climat doux et tempéré : $100 < P < 250$; $12 < Q < 30$; $4 < m < 7$.

Cependant ce groupement déborde sur le sous-étage aride supérieur. Les conditions édaphiques font qu'il est relativement indépendant du climat.

C. — **Conditions topographiques.** — C'est un groupement des dépressions des basses steppes.

D. — **Conditions édaphiques.** — Il s'agit d'un sol gypseux, halocline à nappe phréatique profonde (cf. profil 7, *supra*). Voici un des profils étudiés dans ce groupement — coordonnées : 37 G 31' 40" × 9 G 17' 85".

Profil 17

- 0-80 — Sable demi-grossier; gypseux; structure particulière; racines, radicules; couleur 7,5 YR 8/6 (jaune-rougeâtre pâle); humide de 20 à 30.
 80-140 — Sable fin très gypseux compact, tendant à se cimenter et à former un encroûtement; humide; quelques racines; couleur 5 YR 7/2 (gris-rosé).
 140-160 — Sable fin très gypseux non durci; très humide; gorgé d'eau à la partie inférieure; trainées jaune rouille et gris-vert d'hydromorphie; nappe -160.

Prof., cm	0-80	80-140	140-160
ClNa	0,17	0,07	0,04
SO ₄ Ca 2H ₂ O	5,3	52,8	30,6
CO ₃ Ca total	7,6	3,6	5,2
He (%)	10,0	34,3	23,6

Interprétation : Sol hydromorphe à encroûtement gypseux de nappe; faiblement salin.

E. — **Conditions humaines.** — C'est un maigre pâturage principalement parcouru par les dromadaires, parfois semé en orge.

II. — La végétation

A. — *Pysionomie*

C'est un scrubb steppique; le scrubb occupe les nebkas et couvre 10-50 % de la surface; la steppe occupe la partie plane et couvre 50 à 90 % de la surface.

B. — *Diagnose*

a) groupe écologique gypsophile

- V³ *Nitraria retusa*
 V² *Lygeum spartum*
 IV² *Traganum nudatum* var. *obtusatum*
 IV³ *Zygophyllum album* ssp. *album*
 IV³ *Aeluropus litoralis* ssp. *repens*
 V⁺ *Lycium arabicum*

- III¹ *Limonium pruinsum* ssp. *Alleizettei*
 II¹ *Helianthemum Lippii* var. *intricatum*
 II¹ *Erodium glaucophyllum*
 II¹ *Reaumuria vermiculata*
 II¹ *Frankenia thymifolia*
 II¹ *Pituranthos chloranthus* ssp. *Cossonianus*

b) groupe écologique halocline phréatophile

V ² <i>Suaeda mollis</i>	I ³ <i>Pholurus incurvatus</i>
III ³ <i>Plantago coronopus</i> var. <i>scleropus</i>	I ² <i>Suaeda fruticosa</i>
III ² <i>Filago mareotica</i>	I ² <i>Suaeda pruinosa</i>
III ¹ <i>Salsola Sieberi</i> var. <i>vesceritensis</i>	I ¹ <i>Atriplex portulacoides</i>
III ¹ <i>Salsola tetrandra</i> var. <i>puberula</i>	I ¹ <i>Sphenopus divaricatus</i>
I ³ <i>Limoniastrum Guyonianum</i>	I ⁺ <i>Atriplex glauca</i>
	I ⁺ <i>Spergularia marginata</i>

c) groupe écologique psammophile de l'étage aride

IV ¹ <i>Polygonum equisetiforme</i>	II ¹ <i>Plantago albicans</i>
III ² <i>Salsola vermiculata</i> var. <i>brevifolia</i>	II ¹ <i>Hypocoum Geslini</i>
III ¹ <i>Bassia muricata</i>	II ¹ <i>Pituranthos tortuosus</i>
II ³ <i>Ifloga spicata</i>	II ¹ <i>Cynodon dactylon</i>
II ¹ <i>Artemisia campestris</i>	II ⁺ <i>Anagallis coerulea</i>

C. — Biologie

Chaméphytes	40,9 %
Thérophytes	36,7 %
Hémicryptophytes	12,6 %
Nanophanérophytes	8,4 %
Géophytes	1,4 %

D. — Dynamisme

Il est difficile de dire de quelle végétation primitive dérive ce groupement. Etant données les conditions édaphiques on peut penser à une Tamarigaie.

E. — Discussion — Interprétation

Les groupes écologiques reflètent par leur composition et la « présence » de leurs espèces constitutives les principaux caractères de ce milieu : présence de fortes quantités de gypse, d'une nappe phréatique faiblement salée et de sable superficiel. *Suaeda mollis* et *Limoniastrum Guyonianum* sont surtout des phréatophytes de nappe légèrement saumâtre. Nous les retrouverons dans des groupements homologues de l'étage saharien. *Limoniastrum Guyonianum* est rare ici, parce qu'il se trouve en limite d'aire.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — Le milieu sert généralement de terrain de parcours; il est parfois semé en orge; d'autres fois il est planté d'arbres fruitiers; mais ces arbres dépérissent obligatoirement.

B. — **Potentielle.** — Deux possibilités :

a) en sec : amélioration pastorale à base d'espèces adaptées à ces conditions édaphiques : *Atriplex semibaccata*, *A. numularia*, etc...

b) à l'irrigation après assainissement et lessivage : toutes cultures d'oasis.

TABLEAU 19

ASSOCIATION A NITRARIA RETUSA, SUAEDA MOLLIS ET SALSOLA SIEBERI VAR. VESCRETENSIS

	Nos des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	P.	C.P.
	Altitude en m	35	40	40	30	150	50	20	25	20	60		
	Recouvrement du sol %	50	20	20	30	40	45	60	70	70	50		
	Hauteur de la végétation en cm	60	50	50	55	70	50	40	150	50	80		
	Surface des relevés en m ²	1500	1500	1500	1500	1000	1500	1500	1000	1500	1500		
	Sols { Sable gypseux, faible- ment chloruré Nappe phréatique entre -100 et -200 cm	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	Groupes écologiques												
	a - <u>Groupe écologique gypsophile</u>												
Np	Nitraria retusa	32	33	43	43	32	22	22	22	33	23	10	V
HC	Lygeum spartum	21	21	32	21	32	21	32	11		21	9	V
Ch	Traganum nudatum var. obtusatum		31	11	11	21	32	21			21	7	IV
Ch	Zygophyllum album	32	11		++	32		21	11		21	7	IV
HC	Aeluropus litoralis ssp repens	21	21	21		32	21	11	21		11	8	IV
Np,Ch	Lycium arabicum	++	++	11	21		++	++	21	33	21	9	V
Ch,HC	Limonium pruinum ssp Albizettii	21	11	11			11		11		21	6	III
Ch	Helianthemum Lippii var. intricatum					11				11		2	I
HC	Erodium glaucophyllum	11				++		11	11			4	II
Ch	Frankenia thymifolia	21							11	11	21	4	II
Ch	Pituranthos chloranthus ssp Cossonianus	11							11			2	I
Ch	Reaumuria vermiculata								11	11	21	3	II
b - <u>Groupe halocline, phréatophile</u>													
Np	Atriplex Halimus		++	21	21		32	21		++		6	III
Ch	Suaeda mollis	32	32	22	32	11	21	42	11	11	11	10	V
T	Plantago coronopus var. scleropus						++	31	31	41		4	II
T	Filago mareotica	11				1+		3+	31		31	5	III
Ch	Salsola Sieberi var. vescretensis	11		11			31		11	11		3	III
Ch	Salsola tetrandra var. puberula	11					11	++	11		11	5	III
Np	Limoniastrum Guyoniamum						32				21	2	I
T	Pholurus incurvatus						3+					1	I
Ch	Suaeda fruticosa					21						1	I
Ch	Suaeda pruinosa							21				1	I
Ch	Atriplex portulacoides						21					1	I
T	Sphenopus divaricatus								11		21	2	I
Ch	Atriplex glauca						++					1	I
HC	Spergularia marginata								11	11		2	I
e - <u>Groupe éco-climatique des psammophiles de l'étage aride (S.L.)</u>													
Ch	Polygonum equisetiforme	11		11	21		11	11		11	11	7	IV
Ch	Salsola vermiculata var. brevifolia	21	21	11	21	32						5	III
T	Bassia muricata	11	11			21		++				4	II
T	Ifloga spicata						3+	3+			21	3	II
Ch	Artemisia campestris				21		++	++				3	II
HC	Plantago albicans				21		11			11		3	I
T	Hypecoum Geslini									11	11	2	I
Ch	Pituranthos tortuosus				21	++	21					3	II
G	Cynodon dactylon				21	31						2	I
T	Anagallis coerulaea	++							1+			2	I
Ch,Np	Retama raetam		11	11								2	I

Plantes présentes dans moins de 20% des relevés : 1 : Koeleria pubescens ssp Salzmanni, Atractylis flava, Anacyclus cyrtolepidioides, Hippocrepis bicontorta, Echiochilon fruticosum, Launaea resedifolia, Spitzella coronopifolia, Linaria aegyptiaca ssp fruticosa; 4 : Anabasis oropediorum, Hippocrepis bicontorta, Marrubium deserti, Lotus cytisioides, Echinops spinosus, Thymelaea microphylla; 5 : Ononis falcata, Schismus calycinus, Atractylis serratuloides, Onopordon arenarium, Eragrostis papposa, Lotus halophilus, Aristida plumosa, Herniaria fruticosa; 6 : Helianthemum Lippii var. sessiflorum, Astragalus cruciatus, Lobularia libyca, Leontodon hispidulus ssp Mulleri; 7 : Mesembryanthemum nodiflorum, Mesembryanthemum cristallinum, Calendula aegyptiaca, Rhanterium suaveolens; 8 : Asteriscus pygmaeus; 9 : Cuntandia dichotoma; 10 : Emex spinosus, Filago germanica, Senecio gallicus ssp coronopifolius, Carduus gaetulus.

412-4. — Les groupements des Seguis (53)

Groupelement 21. — Association à *Peganum harmala* et *Hedysarum carnosum*

I. — Le milieu

A. — *Aire du groupement.* — Les relevés qui ont permis la mise en évidence de ce groupement proviennent des régions suivantes : Gafsa, Metlaoui, Bled Thala, Sidi Mansour; c'est la région des basses plaines méridionales de l'atlas saharien.

B. — *Conditions climatiques.* — Ces régions se situent dans les variantes à hivers frais du climat aride inférieur : $100 < P < 150$; $10 < Q < 15$; $2 < m < 4$.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement des larges dépressions très sèches en années sèches, mais inondables lors des hivers humides où de nombreux oueds déversent eaux et alluvions.

D. — *Conditions édaphiques.* — Les sols sont toujours alluviaux et de texture fine (limons, limons argileux, argile) parfois plus ou moins gypseux. Ils passent en aval à des sols halomorphes.

Voici un profil représentatif de ces conditions étudié à l'Ouest de Metlaoui dans le Segui des Ouled Sidi Abid, au pied du Djebel Alima. Coordonnées : $38^{\circ} 11' 70'' \times 6^{\circ} 53' 05''$.

Profil 18

- 0- 50 — Limon argileux; structure nuciforme serrée tendant à polyédrique; racines, radicelles; légèrement humide; couleur 5 YR 6/4 (brun clair-chocolat).
- 50- 70 — Limon argilo-sableux humide; racines, radicelles; structure nuciforme; couleur 7,5 YR 7/4 (brun clair).
- 70- 90 — Sable moyen peu limoneux; humide; structure particulière lâche; racines et radicelles; couleur 7,5 YR 6/6 (jaune-rougeâtre).
- 90-105 — Limon très sableux; humide; structure nuciforme; racines, radicelles; couleur 7,5 YR 5/4 (brun-franc).
- 105-120 — Sable moyen très peu limoneux à structure particulière lâche; humide; radicelles; couleur 7,5 YR 7/6 (jaune-rougeâtre).
- 120-140 — Limon très sableux; humide; structure nuciforme; racines et radicelles; couleur 7,5 YR 5/4 (brun franc).
- 140-200 — Limon; sec; racines rares; structure nuciforme; couleur 10 YR 7/3 (brun très pâle).

(53) « Segui » est un terme local qui désigne des vastes dépressions à alluvions de texture plus ou moins fine, inondables en « années pluvieuses » et alors cultivées en céréales.

P 18. — Analyses physiques
 Association à *Peganum harmala* et *Hedysarum carnosum*

Profond.	Granulométrie								Extrait de pâte saturée				He
	STG	SG	S $\frac{1}{2}$ G	S $\frac{1}{2}$ F	SF	STF	L	Coll. Min.	pour 1000		Conduc- tivité mmhos	% satura- tion	
	2000 μ à 1000	1000 à 500	500 à 200	200 à 100	100 à 50	50 à 20	20 à 2	-de 2 μ	Cl ⁻	RS			
0 - 50	0	2	13	15	13	8	22	27	0,17	2,7	4,3	43,8	27,3
50 - 70	1	1	13	15	13	20	14	23	0,17	2,8	4,5	41,4	20,0
70 - 90	3	7	23	14	9	33	3	8	0,17	4,2	6,5	23,0	7,0
90 - 105	0	2	8	14	10	35	12	19	0,71	8,4	12,2	38,8	16,0
105 - 120	0	2	26	35	23	7	2	5	2,13	7,4	11,0	25,6	7,0
120 - 140	1	2	9	23	16	18	12	19	8,16	25,0	32,0	41,8	18,0
140 - 200	0	1	5	13	13	20	28	20	3,55	14,0	18,0	45,2	25,0

P 18. — Analyses chimiques

Profond.	millequivalents %				% terre sèche						% terre sèche			pH
	Capacité d'échange			Na % de Tc	CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Cl	SO ₄	SO ₄ Ca 2H2O	Cl Na	N ₂ O ₅	P ₂ O ₅	K ₂ O ²	
	T	Tcorr	Na											
0 - 50	14,1	15,5	1,4	9,0	36,5	17,5	0,01	3,2	5,6	0,006	3	1,5	1,7	7,6
50 - 70	12,6	13,9	0,35	2,5	29,1	16,0	0,005	2,3	4,1	0,008				7,8
70 - 90	4,6	5,0	1,45	29,0	17,8	4,5	0,02	0,8	1,4	0,032				7,9
90 - 105	8,5	9,3	0,85	9,1	23,9	9,5	0,02	1,2	2,1	0,032				8,0
105 - 120	3,7	4,0	0,4	10,0	19,6	4,5	0,04	0,9	1,6	0,064				7,7
120 - 140	13,2	14,5	0,95	6,5	24,8	13,0	0,24	1,1	1,9	0,39				7,9
140 - 200	14,5	16,0	0,80	5,0	50,4	19,5	0,13	1,2	2,1	0,21				7,5

Interprétation : Alluvions profondes à texture fine en surface; légèrement salées en profondeur; riches en phosphore et potasse en surface, pauvres en azote.

E. — Conditions humaines et animales. — Ce milieu est épisodiquement cultivé en céréales, c'est-à-dire lorsque d'abondantes pluies d'automne ont grossi les oueds et que ceux-ci se sont épanchés. On peut dire, *grossissimo modo*, que l'emblavure intervient tous les 2-3 ans; mais il n'y a aucune règle. Les pluies d'automne pouvant être abondantes plusieurs années consécutives ou, au contraire, faire à peu près défaut. Ces conditions déterminent la rareté des espèces vivaces plus ou moins régulièrement détruites par les labours, précisément les années où elles peuvent se reproduire.

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — *Structure*

Deux cas sont à considérer : la végétation des années sèches; celle des années humides.

La végétation des années sèches. — Si le sol est très argileux et l'année très sèche aucune plante ne peut se développer; si le sol est limono-argileux on trouve quelques pieds de *Peganum harmala* avec parfois *Haloxylon-scoparium*. Plus de 95 % de la surface du sol reste nue. On n'y rencontre que peu ou pas d'annuelles, elles sont toujours naines et atteignent rarement le stade floral.

En années pluvieuses, c'est une explosion ! Le sol est couvert de thérophytes. Jusqu'à 100 %. Le développement de ces plantes est d'autant plus considérable que le sol est demeuré improductif pendant plusieurs années. Des plantes comme *Eruca vesicaria* peuvent alors dépasser 1 m de longueur.

B. — *Diagnose*

a) groupe écologique extrazonal des plantes messicoles plus ou moins argillophiles de l'étage semi-aride

V ² <i>Hedysarum carnosum</i> (1)	II ¹ <i>Phalaris canariensis</i> ssp. <i>brachystachys</i> (1)
III ² <i>Diplotaxis erucoides</i> (1)	II ¹ <i>Silybum eburneum</i> (1)
III ² <i>Plantago lagopus</i> (1)	II ¹ <i>Coronilla scorpioides</i> (2)
III ² <i>Vicia cinerea</i> (2)	II ¹ <i>Echinops strigosus</i> (1)
III ¹ <i>Anagallis arvensis</i> ssp. <i>coerulaea</i>	II ¹ <i>Centaurea nicaeensis</i> (1)
II ¹ <i>Fumaria densiflora</i> (2)	I ² <i>Medicago littoralis</i> var. <i>Braunii</i>
II ¹ <i>Malva sylvestris</i> (2)	I ¹ <i>Fumaria parviflora</i> (2)
II ¹ <i>Ridolfia segetum</i> (2)	I ¹ <i>Ecballium elaterium</i> (1)
II ¹ <i>Chrysanthemum coronarium</i>	I ¹ <i>Medicago truncatula</i> (2)
II ¹ <i>Beta vulgaris</i> ssp. <i>maritima</i> (1)	I ¹ <i>Phalaris paradoxa</i> (1)
	I ¹ <i>Volutaria Lippii</i> ssp. <i>tubuliflora</i> (2)

b) groupe écologique de la steppe à *Artemisia herba-alba*

IV ² <i>Arthropytum scoparium</i> var. <i>articulatum</i>	III ² <i>Launaea nudicaulis</i>
IV ² <i>Plantago ovata</i>	III ¹ <i>Stipa retorta</i>
IV ² <i>Eruca vesicaria</i> ssp. <i>pinnatifida</i>	II ¹ <i>Marrubium alysson</i>
III ² <i>Diplotaxis Harra</i>	II ¹ <i>Eruca vesicaria</i> ssp. <i>longirostris</i>
III ² <i>Artemisia herba alba</i>	I ¹ <i>Vella annua</i>

c) groupe éco-climatique de l'étage aride inférieur à hivers frais

V ² <i>Sisymbrium runcinatum</i>	II ² <i>Reseda lutea</i> ssp. <i>neglecta</i>
V ² <i>Matricaria pubescens</i>	II ¹ <i>Cleome arabica</i> ssp. <i>amblyocarpa</i>
IV ² <i>Chrysanthemum fuscatum</i>	I ¹ <i>Sisymbrium runcinatum</i>
IV ² <i>Ammosperma cinereum</i>	I ⁺ <i>Ononis natrix</i> var. <i>filifolia</i>

d) groupe écologique gypsophile

IV ³ <i>Nasturtiopsis coronopifolius</i>	I ¹ <i>Reseda Alphonsi</i>
IV ² <i>Moricandia arvensis</i> ssp. <i>suffruticosa</i>	I ¹ <i>Lonchophora capiomontana</i>
III ¹ <i>Anabasis aphylla</i> ssp. <i>africana</i>	I ¹ <i>Erodium glaucophyllum</i>
	I ¹ <i>Astragalus armatus</i> ssp. <i>tragacanthoides</i>

e) groupe écologique nitratophile

V ² <i>Peganum harmala</i>	I ¹ <i>Hordeum murinum</i> ssp. <i>leporinum</i>
V ² <i>Aizoon hispanicum</i>	I ¹ <i>Notoceras bicornis</i>
IV ²⁻³ <i>Malva parviflora</i>	I ¹ <i>Mesembryanthemum nodiflorum</i>
IV ² <i>Calendula aegyptiaca</i>	I ¹ <i>Spergula flaccida</i>
II ¹ <i>Emex spinosus</i>	I ¹ <i>Spergularia Bocconeii</i>
	I ⁺ <i>Chenopodium murale</i>

(1) Argillophile. — (2) Limonophile.

f) groupe écologique halocline

I² *Atriplex halimus*
I² *Blackia inflata*
I¹ *Salsola vermiculata* var. *villosa*

I¹ *Spergula marginata* ssp. *Chevallieri*
I¹ *Frankenia pulverulenta*
I¹ *Salsola tetrandra*

g) groupe écologique de sols temporairement frais

I¹ *Trigonella monspeliaca*
I¹ *Polypogon monspeliense*

I¹ *Trigonella stellata*
I¹ *Trigonella anguina*

h) différentielle de faciès

Ziziphus Lotus

C. — **Biologie**

Thérophytes	74,8 %
Chaméphytes	15,0 %
Hémicryptophytes	7,4 %
Géophytes	1,4 %
Nanophanéophytes	1,4 %

D. — **Dynamisme**

Cette végétation provient très probablement d'une steppe à chaméphytes appartenant au groupe des steppes à *Artemisia herba alba* et *Arthrophytum scoparium* ainsi que le prouvent les reliques constituant le groupe b. Cette steppe se rattache elle-même à la série de la forêt xérophile à *Juniperus phoenicea*.

E. — **Discussion — Interprétation**

Le groupe a doit être considéré comme extrazonal. Il est ici épisodique et n'apparaît que sur les zones d'épandage d'oueds. Donc là où la topographie ramène le milieu à des conditions moins arides que la normale. Les espèces du groupe a ont leur développement normal dans l'étage semi-aride (Sousse, Enfidaville, Tunis). Il existe aussi dans l'étage aride supérieur, mais y est lié aux zones basses de la topographie, pas nécessairement inondables.

Le groupe b montre qu'il s'agit probablement d'une ancienne steppe à *Artemisia herba alba* et *Arthrophytum scoparium*; les espèces de ce groupe sont très rares, excepté les annuelles.

Le groupe c est lié au climat « zonal » et rappelle que ces stations se trouvent en bordure du Sahara.

Le groupe d détermine une sous-association à *Moricandia suffruticosa* liée à une teneur notable du sol en sulfates.

Le groupe e est constitué d'espèces rudérales; sa présence dans ce milieu s'explique par les laisses organiques abandonnées par les oueds en crue. Ces laisses sont parfois assez importantes pour couvrir complètement la surface du sol.

Le groupe f détermine une sous-association à *Atriplex halimus* liée à une teneur sensible (plus de 2 ‰) en sels solubles des horizons profonds du sol.

Le groupe g est lié à la fraîcheur temporaire du sol, et le faciès h à *Ziziphus lotus* forme généralement un cordon le long des oueds principaux indiquant les zones d'épandage maximum des crues.

III. — **Utilisation**

A. — **Actuelle.** — La mise en valeur de ces milieux est un problème d'hydrologie. Jusqu'ici aucun oued n'a pu être domestiqué en Tunisie méridionale; tous les barrages construits ont été emportés à la première crue. Ces sols sont potentiellement très fertiles; l'utilisation de ces potentialités est subordonnée aux disponibilités en eaux de bonne qualité.

Groupement 22. — Association à *Anabasis aphylla* ssp. *africana* et *Suaeda mollis*

I. — Le milieu

A. — *Aire du groupement.* — Cette association a été reconnue aux environs de Gafsa, El Guettar et Metlaoui.

B. — *Conditions climatiques.* — Climat méditerranéen aride inférieur, variante à hivers frais $120 < P < 160$; $Q \# 15$; $m \# 3$.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement de basses plaines, bordant généralement des dépressions salées.

D. — *Conditions édaphiques.* — Les sols sont alluviaux de texture moyenne, riches en sulfates et sub-halomorphe. En voici un profil représentatif étudié près de Gafsa. Coordonnées : $38 \text{ gr } 19' 95'' \times 7 \text{ gr } 20' 90''$.

Profil 19

- 0- 50 — Sable fin peu limoneux, gypseux (pas de cristaux visibles); structure particulaire lâche; humide; racines et radicelles; HCl^+ ; couleur 7,5 YR 7/6 (jaune rougeâtre pâle).
- 50- 75 — Sable moyen à grossier, légèrement gypseux; structure particulaire; très friable; sec; racines et radicelles peu nombreuses; couleur 10 YR 7/3 (brun très pâle).
- 75- 87 — Sable fin limoneux; légèrement gypseux; structure particulaire serrée; sec; quelques radicelles; HCl^+ ; couleur 10 YR 6/4 (brun jaunâtre clair).
- 87- 98 — Sable grossier à très grossier; graviers et cailloux calcaires roulés ayant 0,2 à 1,5 cm de diamètre; HCl^+ ; fins débris d'Helix; couleur 10 YR 6/4 (brun-jaunâtre clair).
- 98-169 — Limon sableux à sable fin; gypseux; structure nuciforme assez serrée tendant à polyédrique; radicelles rares; sec; couleur 10 YR 6/3 (brun pâle).
- 169-178 — Sable mi-grossier limoneux; très calcaire; très gypseux; débris d'Helix; sec; couleur 10 YR 7/3 (gris-clair).
- 178-220 — Limon sableux à structure nuciforme serrée; gypseux; sec; couleur 10 YR 6/4 (jaune-brun-clair).

Analyses

P 19. — Analyses physiques Association à *Anabasis aphylla* et *Suaeda mollis*

Profond.	Granulométrie								Extrait de pâte saturée				He
	STG	SG	S $\frac{1}{2}$ G	S $\frac{1}{2}$ F	SF	STF	L	Coll. Min.	pour 1000		Conduc- tivité mmhos	% satura- tion	
	2000 μ à 1000	1000 à 500	500 à 200	200 à 100	100 à 50	50 à 20	20 à 2	-de 2 μ	Cl ⁻	RS			
0 - 50	0	4	15	27	23	21	6	4	0,10	1,9	3,2	27,4	14,0
50 - 75	1	5	60	19	10	4	0	1	0,26	2,3	3,7	20,6	7,0
75 - 87	0	2	8	14	37	22	9	8	0,88	3,9	7,3	31,8	11,0
87 - 98	15	36	24	6	10	5	2	2	0,71	4,6	6,8	10,8	5,0
98 - 169	0	1	2	6	27	35	17	12					17,5
169 - 178	3	12	18	15	26	9	6	11					14,0
178 - 220	0	1	2	5	25	39	17	11					17,2

P 19. — Analyses chimiques

Profond.	millequivalents ‰			Na ‰ de Tc	‰ terre sèche						‰ terre sèche			pH
	Capacite d'échange				CO ₃ Ca total	CO ₃ Ca actif	Cl	SO ₄	SO ₄ Ca 2H ₂ O	Cl Na	N ₂ O ₅	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	T	Tcorr	Na											
0 - 50	8,4	9,2	1,8	19,5	21,3	6,5	0,005	5,6	10,0	0,008	3	1,5	1,8	7,5
50 - 75	4,0	4,4	0,5	11,3	19,1	0,0	0,02	1,5	2,7	0,032				7,6
75 - 87	6,8	7,5	0,7	10,0	23,4	4,5	0,04	1,9	3,4	0,075				7,6
87 - 98	5,2	5,7	0,4	7,0	27,7	0,0	0,02	0,6	1,0	0,032				7,7
98 - 169	12,2	13,4	2,7	20,1	27,7	11,0	0,005	6,4	11,5	0,008				8,2
169 - 178	4,8	5,3	2,6	50,0	18,7	11,5	0,02	16,6	31,8	0,032				7,8
178 - 220	8,1	8,9	2,3	25,8	28,1	13,0	0,04	5,6	10,0	0,075				7,8

Interprétation : Alluvions anciennes tendant à former un encroûtement calcaro-gypseux entre 169 et 178.

Légèrement salé, la teneur en éléments fins peut être plus élevée (jusqu'à limoneux). La salure peut aller jusqu'à 2 à 3 ‰ de NaCl en profondeur (ici 0,75).

En aval ces sols passent à des sols nettement halomorphes.

E. — *Conditions humaines et animales*. — Le milieu défini par l'association à *Anabasis aphylla* fait habituellement l'objet de cultures épisodiques entre lesquelles la végétation spontanée est parcourue par les troupeaux.

II. — La végétation

A. — Physionomie — Structure

Il s'agit d'un groupement steppique très ouvert, formé de quelques chaméphytes et de nombreux thérophytes. On peut distinguer une strate 30-50 cm formée de chaméphytes et une strate 5-30 cm, constituée de thérophytes. La couverture du sol varie en fonction des conditions météorologiques de l'année considérée. Elle peut varier de 10 à 100 %.

B. — Diagnose

a) groupe écologique halocline

- V² *Suaeda mollis*
- III² *Suaeda fruticosa*
- III² *Spergularia diandra*
- III¹ *Salsola tetrandra* var. *puberula*

- II¹ *Atriplex glauca*
- II¹ *Leontodon hispidulus* ssp. *Mulleri*
- II⁺ *Salsola vermiculata* var. *villosa*
- I¹ *Atriplex Halimus*
- I⁺ *Limonium pruinosum* ssp. *Alleizettei*

b) groupe écologique gypsophile

- V³⁻⁴ *Nasturtiopsis coronopifolia*
- V²⁻³ *Anabasis aphylla*
- IV² *Lycium arabicum*

- III² *Lonchophora capiomontana*
- II¹ *Traganum nudatum* (Halocline)
- III² *Reaumuria vermiculata*
- II¹ *Moricandia arvensis* ssp. *suffruticosa*

c) groupe écologique rudéral

V³⁻⁴ *Aizoon hispanicum*
 IV² *Peganum harmala*
 IV² *Malva parviflora*
 III² *Calendula aegyptiaca*

III² *Marrubium alysson* var. *lanatum*
 II¹ *Spergula flaccida*
 II¹ *Hordeum murinum* ssp. *leporinum*
 I⁺ *Sisymbrium irio*

d) groupe écologique limonophile

III² *Artemisia herba alba*
 III² *Stipa retorta*
 III¹ *Eruca vesicaria* ssp. *pinnatifida*
 II² *Plantago ovata*

I¹ *Beta macrocarpa*
 I¹ *Beta vulgaris* ssp. *maritima*
 I¹ *Arthroptum scoparium* var. *articulatum*
 I² *Enarthocarpus clavatus*

e) groupe éco-climatique de l'étage aride inférieur à hivers frais

V⁴ *Ammosperma cinereum*
 V² *Linaria laxiflora*

III² *Matricaria pubescens*
 II¹ *Malva aegyptia*
 I¹ *Asphodelus viscidulus*

f) groupe écologique des psammophiles de l'étage aride

V¹ *Adonis dentata*
 IV³⁻⁴ *Schismus barbatus* ssp. *calycinus*
 IV² *Reseda decursiva* var. *eremophila*
 IV¹ *Bassia muricata*
 III²⁻³ *Muricaria prostrata*
 III¹ *Anthemis pedunculata* ssp. *pedunculata*

II² *Erodium triangulare* ssp. *Bovei*
 II¹ *Koeleria pubescens* ssp. *Salzmannii*
 I¹ *Lotus pusillus*
 I³ *Matthiola longipetala* ssp. *Kralickii*
 I¹ *Salvia lanigera*
 I⁺ *Artemisia campestris*

g) groupe extrazonal

III³ *Filago germanica* var. *prostrata*
 III¹ *Thymelaea hirsuta*

II¹ *Diplotaxis erucoides*
 I¹ *Herniaria hirsuta*
 I⁺ *Malva sylvestris*

C. — **Biologie**

Thérophytes	67,6 %
Chaméphytes	23,6 %
Hémicryptophytes	4,6 %
Nanophanérophytes	2,8 %
Géophytes	1,4 %

D. — **Dynamisme**

Ce groupement dérive probablement d'une Tamarigaie comme semblent l'indiquer les quelques souches malmenées qu'on y rencontre encore.

De nombreuses observations permettent, en effet, de penser que les *Tamarix* sont climaciques dans les zones d'épandages et les bas-fonds légèrement salins de l'étage aride inférieur et de l'étage saharien.

E. — **Discussion — Interprétation**

Ce groupement est affine à l'association à *Hedysarum carnosum* et *Peganum harmala*, dont la sous-association à *Moricandia suffruticosa* constitue une transition entre les deux associations typiques.

La principale différence floristique est la présence ici du groupe *a* et l'enrichissement du groupe *b* par rapport aux groupes gypsophile différentiel de la sous-association à *Moricandia suffruticosa*; d'autre part, le groupe des plantes de l'étage semi-aride est ici très réduit.

Ecologiquement, ces différences se traduisent par une texture moins fine du sol, des appoints d'eau de ruissellement beaucoup moins importants; une plus grande teneur en sulfates et en chlorures.

III. — Exploitation

A. — **Actuelle.** — L'exploitation habituelle de ce milieu est la culture épisodique d'orge; cependant, les épandages sont peu importants et les récoltes en moyenne plus faibles que dans l'association 21.

B. — **Potentielle.** — La mise en valeur de ce milieu ne peut se faire sans un appoint d'eau. Avec un appoint d'eau de 1 000 m³, par hectare et par an, on peut y espérer de convenables récoltes d'orge. Avec un appoint de 1 500 à 2 000 m³ par hectare et par an la culture de l'olivier est praticable sous réserve que les eaux d'appoint soient peu chlorurées.

412-5. — Groupements des steppes limoneuses à *Artemisia herba alba*

Les steppes à Armoise blanche comprennent un grand nombre de groupements qui peuvent se décomposer suivant le même schéma que la steppe à *Rhantherium*. La steppe à Armoise blanche se rencontre dans des types de climats très différents puisqu'on la rencontre depuis la Dorsale tunisienne jusqu'à Tatahouine. Il n'est pas question d'étudier ici l'ensemble des steppes à Armoise blanche; seuls les groupements du Sud seront examinés. Nous ne distinguerons provisoirement qu'une seule association divisée en variantes climatiques d'une part, en sous-associations et sous-variantes édaphiques d'autre part.

Groupement 23. — Association à *Artemisia herba alba* et *Arthrophytum scoparium* var. *articulatum*

I. — Le milieu

A. — **Aire du groupement.** — Cette association se développe dans toute la zone aride depuis Sousse jusqu'à Tatahouine.

Dans la partie occidentale et sur les hauts plateaux l'association se transforme en une autre édaphiquement homologue. Dans les basses plaines et le Sahel se développe une variante à *Asparagus albus* alors que l'association type se développe uniquement dans le Sud.

B. — **Conditions climatiques.** — La variante à *Asparagus albus* se développe sous le climat aride supérieur dans les variantes climatiques à hivers doux et à hivers tempérés : $200 < P < 300$; $25 < Q < 35$; $3 < m < 7$.

L'association typique se développe dans le sous-climat aride inférieur dans les mêmes variantes climatiques : $100 < P < 200$; $10 < Q < 25$; $3 < m < 7$.

Les variantes climatiques à hiver frais ($m < 3$) et froid ($m < 0$) voient la transformation de l'association en un groupement édaphiquement homologue mais floristiquement différent.

C. — **Conditions topographiques.** — Il s'agit d'un groupement de plaines ou de collines (faciès à *Stipa tenacissima*) assez peu lié aux conditions topographiques, au moins dans les unités supérieures des subdivisions floristico écologiques.

D. — **Conditions édaphiques.** — Les sols sont toujours de texture moyenne à fine —

sablo-limoneux à limono-argileux — présentant toujours une surface colmatée par un glaci limoneux superficiel qui favorise le ruissellement et empêche les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère, donc interdit les condensations occultes.

a — Voici un profil moyen de l'association type étudié dans la région de Sened. — Coordonnées : 38 gr 37'35" × 7 gr 68'00".

Profil 20

- 0- 40 — Surface colmatée en un glaci limoneux superficiel de 2 à 5 mm d'épaisseur; limon sableux à sable fin; humide; racines, radicelles; débris d'Helix; structure nuciforme peu serrée; couleur 5 YR 4/6 (rouge-jaunâtre).

Granulométrie :	1 000 à 2 000 μ	0 %
	500 à 1 000 μ	1 %
	200 à 500 μ	4 %
	100 à 200 μ	9 %
	50 à 100 μ	25 %
	20 à 50 μ	21 %
	2 à 20 μ	22 %
	moins de 2 μ	18 %

Humidité équivalente : 16 %; cap. éch. : 13,7 milliéqu. %; CO₃Ca total : 20,9 %; CO₃Ca actif : 10 %; Cl⁻ : 0,05 ‰; SO₄⁻ : 0,5 %; pH : 7,9.

- 40- 70 — Sable moyen peu limoneux à structure particulaire serrée tendant à nuciforme; humide; racines, radicelles; couleur 5 YR 6/8 (jaune-rougeâtre).

Granulométrie :	1 000 à 2 000 μ	0 %
	500 à 1 000 μ	1 %
	200 à 500 μ	16 %
	100 à 200 μ	24 %
	50 à 100 μ	32 %
	20 à 50 μ	9 %
	2 à 20 μ	9 %
	moins de 2 μ	9 %

Humidité équiv. : 8,4 %; cap. éch. : 7,4; Na % cap. éch. : 6,7; CO₃Ca total : 11,5; CO₃Ca actif : 10,5; Cl⁻ : 0,05 ‰; SO₄⁻ : 0,3 %; pH : 7,9.

- 70-150 — Limon sableux à sable fin à structure nuciforme serrée; rares racines et radicelles; assez sec; et au-delà nombreux nodules calcaires de 0,5 à 1 cm de diamètre; friables; couleur 5 YR 5/6 (rouge-jaunâtre).

Granulométrie :	1 000 à 2 000 μ	1 %
	500 à 1 000 μ	1 %
	200 à 500 μ	6 %
	100 à 200 μ	11 %
	50 à 100 μ	28 %
	20 à 50 μ	18 %
	2 à 20 μ	18 %
	moins de 2 μ	17 %

Humidité équivalente : 17,0 %; Capacité éch. : 10,1; Na % cap. éch. : 5,4; CO₃Ca total : 21,8; CO₃Ca actif : 10,5; Cl⁻ : 0,05 ‰; SO₄⁻ : 0,4 %; pH : 8,0.

Interprétation : sol brun subdésertique développé dans des alluvions; famille à nodules calcaires; série à profil profond; type à texture moyenne.

b — La sous-association à *Gymnocarpos decander* se développe sur des sols présentant une croûte ou en encroûtement calcaire. Voici un profil étudié dans ce groupement à 5 km au Nord de Médenine. Coordonnées : 37 G 08'60" × 9 G 01'70".

Profil 21

- 0- 15 — Surface colmatée en glaci superficiel et couverte à 75 % de débris de croûte; limon sableux à structure nuciforme; racines et radicelles; dans la masse : 60 % de cailloux en provenance de la croûte.

- 15- 60 — Dalle calcaire, fracturée discontinue à éléments longs de 30-40 cm, larges de 10-20, épais de 5-15; cassure rubannée, brunâtre rosée.

- 60-110 — Calcaire pulvérulent à nombreux nodules friables avec quelques petits cristaux de gypse; couleur gris-rosé.
- 110-150 — Limon sableux rouge jaunâtre avec de nombreux nodules calcaires tendres et concrétions de gypse cristallisé (petites roses des sables); structure polyédrique serrée, de plus en plus gypseux vers le bas; rouge jaunâtre moucheté de blanc.

Interprétation : Alluvions sur croûte calcaire probablement tensiftienne sur argile sableuse, gypseuse du pliocène.

c — La sous-association à *Lygeum spartum* offre un profil encore différent; en voici un exemple — coordonnées : 37 G 38'10" × 8 G 57'90" (région de Bordj Toulal : 30 km au Sud de Gabès).

Profil 22

- 0-30 — Surface colmatée par une pellicule limoneuse superficielle; limon très sableux à sable fin à structure nuciforme serrée; quelques petits nodules calcaires friables; racines; HCl positif; couleur 5 YR 6/6 (jaune rougeâtre).
- Granulométrie :
- | | |
|-------------------|------|
| 200 à 2 000 μ | 0 % |
| 100 à 200 μ | 7 % |
| 50 à 100 μ | 51 % |
| 20 à 50 μ | 13 % |
| 2 à 20 μ | 11 % |
| moins de 2 μ | 18 % |
- Humidité équivalente : 11 %; capacité d'échange : 8,3; Na % de cap. éch. : 13,2; CO₃Ca total : 18,3; CO₃Ca actif : 10,5; Cl⁻ : 0,05 ‰; SO₄²⁻ : 0,6 %; pH : 8,4.
- 30-120 — Limon très sableux à sable fin; structure nuciforme serrée à très nombreux nodules calcaires tendres de 0,2 à 2 cm de diamètre; racines et radicelles peu nombreuses; couleur 5 YR 6/4 (brun-clair rougeâtre).
- Granulométrie :
- | | |
|-------------------|------|
| 500 à 2 000 μ | 0 % |
| 200 à 500 μ | 1 % |
| 100 à 200 μ | 6 % |
| 50 à 100 μ | 47 % |
| 20 à 50 μ | 19 % |
| 2 à 20 μ | 12 % |
| moins de 2 μ | 15 % |
- Humidité équivalente : 13 %; cap. éch. : 9,4 milliéqu. %; Na % de cap. éch. : 10,6; CO₃Ca total : 20 %; Cl⁻ : 0,6 ‰; SO₄²⁻ : 0,3 %; pH : 8,3; conductivité : 6,5 mmhos.
- 120-300 — Limon sableux à structure nuciforme très serrée; très nombreux cristaux de gypse dispersés dans la masse donnant un aspect marbré; racines rares; couleur 5 YR 6/6 > 5 YR 7/2 (jaune rougeâtre gris rosé).
- Granulométrie :
- | | |
|---------------------|------|
| 1 000 à 2 000 μ | 2 % |
| 500 à 1 000 μ | 3 % |
| 200 à 500 μ | 5 % |
| 100 à 200 μ | 15 % |
| 50 à 100 μ | 28 % |
| 20 à 500 μ | 20 % |
| 2 à 20 μ | 13 % |
| moins de 2 μ | 24 % |
- Humidité équivalente : 28 %; cap. éch. : 11,5; Na % cap. éch. : 72; CO₃Ca total : 20,9 %; CO₃Ca actif : 15,5 %; Cl⁻ : 1,2 ‰; SO₄²⁻ : 3,9 %; pH 8,6; conductivité : 13 mmhos.

Interprétation : Alluvions d'origine loessique en provenance des Matmatas sur substrat alluvial probablement pliocène.

E. — *Conditions humaines*. — Le milieu défini par l'association type est l'objet de culture épisodique de céréales. Le fait se produit également pour la sous-association à *Lygeum spartum*, mais il est plus rare pour la sous-association à *Gymnocarpus* qui constitue généralement un terrain de parcours (pâturage).

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — *Structure*

C'est une steppe extrêmement ouverte en année sèche (couverture 1 à 20 %). Mais qui se couvre d'une abondante végétation annuelle (jusqu'à 100 %) durant les années « humides ».

En année sèche on ne trouve guère plus d'une dizaine de plantes par relevé; le trait dominant de la physionomie est alors la présence d'*Artemisia herba alba* et *Arthrophytum scoparium* var. *articulatum* en infimes touffes séparées par plusieurs mètres de terre nue. En année humide ces deux espèces disparaissent totalement sous un grand nombre d'annuelles dont en particulier *Eruca vesicaria*.

B. — *Diagnose*

A) Groupe écologique des sols steppiques à texture moyenne de l'étage aride, caractéristique physionomique de l'association (s. l.).

V ² <i>Artemisia herba alba</i>	III ² <i>Plantago ovata</i>
V ² <i>Stipa retorta</i>	III ² <i>Carrichtera annua</i>
V ² <i>Arthrophytum scoparium</i> var. <i>articulatum</i>	III ¹ <i>Ajuga iva</i> ssp. <i>pseudoiva</i>
IV ² <i>Diplotaxis Harra</i> ssp. <i>Harra</i>	III ¹ <i>Marrubium alysson</i>
IV ² <i>Asteriscus pygmaeus</i>	III ¹ <i>Eryngium ilicifolium</i>
	II ¹ <i>Salvia aegyptiaca</i>

1) Groupe écologique d'espèce sub-sahariennes

<i>Centaurea furfuracea</i>	<i>Matricaria pubescens</i>
<i>Farsetia aegyptiaca</i>	<i>Chrysanthemum macrocarpum</i>
<i>Astragalus gyzensis</i>	<i>Chrysanthemum fuscatum</i>
<i>Ammosperma cinereum</i>	<i>Linaria laxiflora</i>

a) Groupe écologique des sols à texture moyenne n'apparaissant que lors des années pluvieuses (P > 200).

<i>Eruca vesicaria</i> ssp. <i>pinatifida</i>	<i>Hedysarum carnosum</i>
<i>Eruca vesicaria</i> ssp. <i>longirostris</i>	<i>Enarthrocarpus clavatus</i>
<i>Launaea nudicaulis</i>	<i>Malva sylvestris</i>
<i>Fumaria parviflora</i>	<i>Scandix pecten-veneris</i>
<i>Medicago denticulata</i>	<i>Phalarix paradoxa</i>
<i>Calendula aegyptiaca</i>	<i>Coronilla scorpioides</i>
<i>Vicia cinerea</i>	<i>Diplotaxis erucoides</i>
<i>Reseda lutea</i> ssp. <i>neglecta</i>	<i>Chrysanthemum coronarium</i>

b) Groupe écologique gypsophile

<i>Lygeum spartum</i>	<i>Lycium arabicum</i>
<i>Astragalus armatus</i> ssp. <i>tragacanthoides</i>	<i>Aristida ciliata</i>
<i>Erodium glaucophyllum</i>	<i>Pituranthos chloranthus</i> ssp. <i>Cossonianus</i>

c) Groupe écologique des croûtes

V ² <i>Gymnocarpus decanter</i>	V ¹ <i>Herniaria Fontanesii</i>
V ² <i>Atractylis serratuloides</i>	III ² <i>Stipa parviflora</i>
V ² <i>Helianthemum Kahiricum</i>	III ¹ <i>Anabasis oropediorum</i>

d) Groupe écologique orophile des lithosols

<i>Helianthemum virgatum</i> var. <i>ciliatum</i>	<i>Didesmus bipinnatus</i>
<i>Thymus hirtus</i> var. <i>cinerascens</i>	<i>Stipa tenacissima</i>
<i>Caralluma europaea</i> var. <i>Simonis</i>	<i>Lavandula multifida</i>
<i>Aristida coerulescens</i>	<i>Periploca loevigata</i>
<i>Fagonia cretica</i>	<i>Rhus tripartitum</i>
	<i>Tetrapogon villosus</i>

e) Différentielles de faciès

e. x. : *Stipa tenacissima* : sols squelettiques
e. y. : *Ziziphus Lotus* : zones d'épandage

f) *Psammophiles arides*

IV¹ *Linaria aegyptiaca* ssp. *fruticosa*
III¹ *Pituranthos tortuosus*
III¹ *Echium pycnanthum* ssp. *humile*
III¹ *Fagonia glutinosa*
III¹ *Plantago albicans*

II¹ *Salsola vermiculata* var. *brevifolia*
II¹ *Schismus barbatus* ssp. *calycinus*
II¹ *Argyrolobium uniflorum*
II⁺ *Polygonum equisetiforme*
II⁺ *Artemisia campestris*

C. — Biologie

Association typique :

Thérophytes	45,3 %
Chaméphytes	30,3 %
Hémicryptophytes	21,3 %
Nanophanérophytes	3,1 %

Sous-association à *Gymnocarpus decander* :

Thérophytes	42,1 %
Chaméphytes	33,7 %
Hémicryptophytes	21,4 %
Nanophanérophytes	2,8 %

Sous-association à *Helianthemum virgatum* :

Thérophytes	37,3 %
Chaméphytes	33,9 %
Hémicryptophytes	22,8 %
Nanophanérophytes	4,8 %
ûéophytes	1,2 %

D. — Dynamisme

La présence de l'alfa et de reliques forestières dans la sous-association à *Helianthemum virgatum* nous permettent de conclure à une végétation primitive arborée, très probablement la forêt xérophile à *Juniperus phoenicca*.

E. — Discussion — Interprétation

L'association comprend ici deux groupements climatiques :

Ces deux groupements climatiques nous donnent les 18 groupements suivants par combinaisons avec les groupes édaphiques.

Ecogramme

Ia = Association typique caractérisée par les groupes écologiques : A-a-f.

IIa = Variante à *Farsetia aegytiaca* définie par les groupes A-a-1-f.

Ia + ey = Association et variante sous la forme de faciès à *Ziziphus lotus* occupant les dépressions peu importantes et assurant la transition vers l'association à *Ziziphus Lotus* et *Retama raetam*.

Ic et II c = Sous-association et sous-variante à *Gymnocarpus decander* définies par A-a-c-f et A-(a)-1-c-f : sols à croûte calcaire.

Ib et IIb = Sous-association à *Lygeum spartum*. Sols à horizons gypseux profonds, sans croûte. A-a-b-f et A-(a)-(b)-1-f.

Ic + ex, IIc + ex, Ibc + ex et II bc + ex sont les quatre faciès à *Stipa tenacissima* des sous-associations et sous-variantes précédentes.

Id et IId = Sous-association montagnarde et sous-variante montagnarde à *Helianthemum virgatum* définies par : I-a-c-d et II-a-d-c : sols squelettiques calcaires.

Ibd et II bd = Sous-association et sous-variantes à *Helianthemum virgatum* et *Lygeum spartum*; sols squelettiques gypseux (non encroûtés) définis par les groupes : I-a-b-d et II-a-b-d.

A			
groupes climatiques groupes édaphiques	I	II	groupes climatiques Sol
a	Ia	IIa	Texture moy. profond
a + ey	Ia + ey	IIa + ey	Texture moy. épandage
c	Ic	IIc	Texture moy. sur croûte calcaire
b	Ib	IIb	Texture moy. sur gypse
bc	Ibc	IIbc	Texture moy. sur croûte gypseuse
b + ex	Ib + ex	IIb + ex	Alfa sur croûte calcaire
bc + ex	Ibc + ex	IIbc + ex	Alfa sur croûte gypseuse
d	Id	IIId	Lithosols calcaires de montagne
bd	Ibd	IIbd	Lithosols gypseux de montagne
groupes édaphiques Climat	15 < Q < 25	10 < Q < 15	Sols Climat

On voit que le schéma adopté pour la classification de la steppe à *Rhanterium* est d'une application générale. Il permet de prévoir l'existence de groupements qui n'ont pas encore été observés.

III. — Utilisation

A. — *Actuelle.* — Dans l'état actuel, les milieux définis par ces groupements sont exploités sous forme de pâturages, avec des alternances de cultures céréalières épisodiques (orge) dans l'association typique, la variante à *Matricaria pubescens*, la sous-association à *Lygeum spartum* et la sous-variante à *Lygeum spartum*.

La valeur du pâturage est partout très faible, puisque la charge peut être évaluée entre 1 mouton pour 10 hectares et 1 mouton pour 20 hectares, c'est-à-dire 20 à 40 U.F. par hectare. Ces pâturages sont cependant susceptibles d'amélioration par l'introduction d'espèces adaptées

telles *Atriplex semibaccata* et peut être *A. nummularia*. Les meilleurs pâturages australiens de la zone aride sont constitués dans ces types de milieux et les plantes de bases y sont précisément des *Atriplex* et des *Kochia*.

La céréaliculture, habituellement pratiquée, est irrationnelle dans ces milieux : les récoltes ne peuvent dépasser une moyenne de 2 quintaux d'orge par hectare, par an, et seulement dans les groupements typiques et les sous-groupements à *Lygeum*.

B. — **Potentielle.** — La céréaliculture nécessite un appoint d'eau de l'ordre de 1 500 à 2 000 m³ par hectare. La condition de toute mise en valeur par la culture est donc l'aménagement des sites de dérivation d'oueds. En dehors des possibilités d'utilisation des eaux de ruissellement la seule ressource devra être cherchée dans l'amélioration pastorale.

Nous pensons que l'introduction dans la zone côtière de la Tunisie méridionale de l'Arganier et d'*Atriplex semibaccata* est susceptible d'améliorer dans une large mesure les possibilités pastorales.

L'arganier végète, en effet, dans des conditions écologiques très voisines dans le Sud marocain, sur les sols les plus ingrats.

P :	Taroudant	170 mm	—	Gabès	175 mm
m :	»	5°5	—	»	5°9
M :	»	37°	—	»	37°7

412-6 — Groupements des steppes à sols gypseux

Groupement 24. — Association à *Anarrhinum brevifolium* et *Zygophyllum album* ssp. *album*

I. — Le milieu

A. — **Aire du groupement.** — L'association typique se développe dans les régions de la Djeffara et du bas sahel : Maharès - Achichina - Bled Thala - La Skirra - Gabès - Mareth - Djerba - Tatahouine.

La variante à *Moricandia suffruticosa* est localisée dans la région de l'atlas saharien méridional : Gafsa, Metlaoui, Redeyeff, etc.

B. — **Conditions climatiques.** — C'est une association du climat méditerranéen aride inférieur.

L'association type se développe dans les variantes à hivers doux ou tempérés : $100 < P < 200$; $3 < m < 7$; $10 < Q < 25$.

La variante à *Moricandia suffruticosa* se développe dans les climats à hivers frais ou $2 < m < 4$; $10 < Q < 15$; $100 < P < 150$.

C. — **Conditions topographiques.** — L'association est un groupement de basses plaines où il colonise généralement les points hauts et les croûtes. Sur le relief et dans les hautes plaines se développe une variante à *Moricandia suffruticosa*.

D. — *Conditions édaphiques* — Ces groupements colonisent toujours les encroûtements gypseux superficiels dont voici un profil étudié dans la région de Teboulbou à 8 km du Sud-Est de Gabès. Coordonnées : 37 G 58'00" X 8 G 67'05".

Profil 23

- 0- 80 — Surface durcie, blanche, nue à 80 %, puis gypse pulvérulent, tendre, peu calcaire; quelques racines; couleur blanc; légèrement humide. Analyses : Humidité équivalente : 34 %; pH : 8,2; ClNa : 0,01 %; SO₄Ca 2H₂O 90,8 %; Mg : Tr; CO₃Ca : 3,2 %.
- 80-200 — Mélange de gypse amorphe et cristallisé (30 % de cristaux de petite taille : 0-5 mm), légèrement humide; 5 YR 8/2 (blanc rosé). Analyses : Humidité équivalente : 31,8 %; SO₄Ca 2H₂O : 64 %; CO₃Ca : 2 %; ClNa : 0,01 %; Mg : Tr.
- 200-300 — Argiles sableuses à gypse, mio-pliocène.

Interprétation : Encroûtement gypseux quaternaire d'âge probablement grimaldien. Dans les profils que nous avons étudiés la proportion de gypse dans l'encroûtement superficiel peut varier de 60 à 95 %. La proportion de calcaire est toujours inférieure à 5 %. La proportion de Cl⁻ peut aller jusqu'à 0,1 %₀₀. Le colluvionnement de la croûte aboutit à une autre association (cf. groupement 18). Voir aussi les profils P20 (variante à *Moricandia suffruticosa*) et P21 (association typique) du chapitre Sols (cf. *Ann. Agron.* 3, 1960, pp. 296-297).

E. — *Conditions humaines et animales*. — La steppe à sol gypseux sert exclusivement de terrain de parcours pour les troupeaux.

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — *Structure*

Il s'agit d'une steppe à chaméphytes où l'on peut distinguer deux strates. Une strate 25-30 cm essentiellement constituée de chaméphytes est une strate 0-20 formée de thérophytes et Hémicryptophytes. La couverture du sol est de l'ordre de 30 % en moyenne.

B. — *Diagnose*

A) Groupe écologique gypsophile de l'étage aride caractéristique de l'association (s. l.)

V ² <i>Zygophyllum album</i> ssp. <i>album</i>	III ¹ <i>Aeluropus littoralis</i> ssp. <i>vulgaris</i>
V ² <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>intricatum</i>	III ¹ <i>Aristida ciliata</i>
V ² <i>Reaumuria vermiculata</i>	II ² <i>Astragalus armatus</i> ssp. <i>tragacanthoides</i>
V ² <i>Anarrhimum brevifolium</i>	II ¹ <i>Centaurea incana</i> ssp. <i>saharae</i>
V ² <i>Lygeum spartum</i>	II ¹ <i>Aeluropus littoralis</i> ssp. <i>repens</i>
V ² <i>Helianthemum crassifolium</i> ssp. <i>glaucum</i>	II ¹ <i>Coris monspeliensis</i> var. <i>syrtica</i>
IV ² <i>Nitraria retusa</i>	II ¹ <i>Astragalus tenuifolius</i>
IV ² <i>Erodium glaucophyllum</i>	II ¹ <i>Traganum nudatum</i>
IV ² <i>Pituranthos chloranthus</i> ssp. <i>Cossonianus</i>	I ¹ <i>Erodium arborescens</i>
III ² <i>Launaea angustifolia</i> (54)	I ¹ <i>Campanula</i> cf. <i>erinus</i>
III ¹ <i>Launaea quercifolia</i> var. <i>pinnatipartita</i>	

1) Groupe écologique de la variante climatique à hivers frais

1w — Groupe gypsophile climatique

Moricandia arvensis ssp. *suffruticosa*
Pseuderucaria clavata ssp. *Tourneuxii*

Launaea quercifolia var. *quercifolia*
Pseuderucaria teretifolia
Diplotaxis Harra ssp. *Harra*

(54) C'est par erreur coupable qu'à la suite de G. LONG nous avons appelé cette plante *Launaea mucronata* dans nos publications précédentes.

1z — Groupe climatique indifférent à l'édaphisme

Maticaria pubescens
Gymnarrhena micrantha

Ammosperma cinereum
Chrysanthemum fuscatum
Linaria laxiflora

a) Groupe plus ou moins psammophiles de l'étage aride

II¹ *Echium pycnanthum* ssp. *humile*
II¹ *Rhantherium suaveolens*
II¹ *Aristida plumosa* ssp. *eu-plumosa* var. *floccosa*
II¹ *Teucrium Sauvagei*

II¹ *Echiochilon fruticosum*
II¹ *Plantago albicans*
II⁺ *Argyrolobium uniflorum*
I¹ *Linaria aegyptiaca* ssp. *fruticosa*

b) Groupe écologique psammophile différentiel de la sous-association à *Thymalea microphylla*

V² *Thymalea microphylla*
V² *Echiochilon fruticosum*
V² *Ononis angustissima*

III¹ *Artemisia campestris*
III¹ *Rhantherium suaveolens*
III¹ *Plantago albicans*

c) Groupe écologique des croûtes et encroûtements.

V² *Gymnocarpus decander*
V² *Helianthemum Kahircicum*

V² *Atractylis serratuloides*
V¹ *Herniaria Fontanesii*
II¹ *Anabasis oropedium*

d) Différentielles de faciès

d_α — *Stipa tenacissima*
d_β — *Schoenus nigricans* (écotype xérophile)
d_ε — *Thymus hirtus* ssp. *algeriensis*
Thymus hirtus ssp. *algeriensis*
var. *cinerascens*

C. — **Biologie**

Chaméphytes	48,3 %
Hémicryptophytes	30,3 %
Thérophytes	17,7 %
Géophytes	2,5 %
Nanophanéophytes	1,2 %

D. — **Dynamisme**

L'existence d'un faciès à *Stipa tenacissima* et de faciès à *Thymus capitatus* et *cinerascens* permet de conclure que ce groupement dérive d'une formation arborée très probablement à *Juniperus phoenicea* dont l'état actuel constitue une dégradation extrême.

E. — **Discussion — Interprétation**

Les groupes écologiques cités plus haut permettent de distinguer deux groupements climatiques :

I : l'association typique; et II : la variante à *Moricandia suffruticosa*. Cette dernière est liée à un climat aride à hivers frais tandis que la première est liée aux climats à hivers doux et tempérés. Les deux variantes diffèrent par leur composition floristique à la fois qualitative et quantitative. Le groupe écologique (1) est absent dans l'association typique; de plus, certaines plantes du groupe (A) font défaut ou se raréfient dans la variante à *Moricandia*; par exemple : *Zygophyllum album*, *Anarrhinum brevifolium*. D'autres plantes du groupe (A) sont plus abondantes dans la variante à *Moricandia*; par exemple : *Astragalus armatus* ssp. *tragacanthoides*.

L'association type se définit par : A-a-c.

La variante à *Moricandia* par : A-1-a-c.

Nous obtenons les combinaisons suivantes d'après le schéma adopté pour l'association à *Rhantherium* :

Ecogramme

A			
groupes climatiques groupes édaphiques	I Association type	II variante à Moricandia	groupes climatiques Sols
a	I a	II a	encroûtement en surface
a + b	I ab	II ab	encroûtement ensablé
a b d	I abd	II abd	encroûtement en surface végétation moins dégradée
groupes édaphiques Climats	$15 < Q < 25$ $3 < m < 7$	$10 < Q < 15$ $2 < m < 4$	Sols Climats

Les combinaisons IIab et II abd n'ont pas encore été observées, mais rien ne s'oppose à leur existence. On notera que la sous-association Iab assure la transition entre l'association à *Anarrhinum brevifolium*, d'une part, et celle à *Rhantherium suaveolens* et *Artemisia campestris*, d'autre part (groupement 15). La sous-variante IIab assurerait la transition entre la variante à *Moricandia suffruticosa* de la présente association et l'association à *Thymelaea microphylla* et *Arthrophytum Schmittianum* var. *prostratum* (groupement 17).

Les faciès à *Stipa tenacissima* : Iabd α et à *Thymus* : Iabd γ constituent des groupements botaniquement moins dégradés que l'association type.

III. — Exploitation

A. — **Actuelle.** — C'est un mauvais pâturage pouvant produire environ une moyenne de 15 à 20 U.F. par hectare et par an, soit un mouton pour 20 à 30 hectares dans l'association et la variante et 1/3 en plus dans la sous-association à *Thymelaea microphylla*.

B. — **Potentielle.** — La seule possibilité est le pâturage. Il semble difficile à améliorer. On devrait y essayer l'introduction d'espèces du genre *Atriplex*. L'Arganier pourrait peut-être réussir dans l'association type, mais pas dans la variante à *Moricandia* où les hivers sont trop froids et l'humidité atmosphérique trop faible.

42. — ÉTAGE MÉDITERRANÉEN SAHARIEN

420. — GÉNÉRALITÉS

L'étage de végétation méditerranéen saharien est localisé en Tunisie au Sud et à l'Ouest des grands Chotts, à l'Ouest du massif des Matmatas et dans la partie méridionale de la Djeffara, au Sud d'une ligne Tatahouine - Sidi Toui qui limite vers le Nord la région de l'Ouara.

La définition floristique de cet étage de végétation a été abordée en détail dans la seconde partie de ce mémoire (n° 34). Du point de vue physionomique, comme du point de vue floristique, cet étage se divise en deux sous-étage. L'étage supérieur présente l'aspect d'une steppe à chaméphytes, tandis que l'étage inférieur voit la disparition ou l'extrême rareté des plantes vivaces sur les interfluves.

On serait donc tenté de définir l'étage supérieur sous le terme de « mode de végétation diffus » et l'étage inférieur sous le terme de « mode de végétation contracté » (MONOD, 1931, 1954). Cette subdivision est valable « grosso-modo »; mais si l'on pousse les choses dans le détail, elle paraît assez conventionnelle, car, d'une part, les deux modes « contracté » et « diffus » coexistent dans le sous-étage supérieur et d'autre part, dans le sous-étage inférieur, le mode contracté peut conduire à la diffusion lorsque les oueds s'étalent dans les mâader ainsi que le reconnaît MONOD lui-même (1954, p. 39).

Dans le sous-étage supérieur, la steppe à chaméphytes couvre la surface du sol de façon plus ou moins dense; mais la végétation est plus abondante, plus exubérante — si l'on peut dire — le long des oueds, dans les dayas et autres dépressions. Les thalwegs et dayas portent seuls des nanophanérophytes et des phanérophytes (si l'on exclut les dunes dont la végétation rappelle souvent la végétation ripicole). Il y a donc coexistence dans le sous-étage supérieur des modes diffus et contracté.

Dans l'étage inférieur les modes diffus et contracté peuvent coexister également. MONOD (1954, p. 38), estime que le mode contracté apparaît entre les isohyètes de 30 à 50 mm. Ce point de vue est vérifié dans le Sud tunisien et Libyen où les interfluves se dénudent à moins de 45 mm (Sinaouen). Cependant, lorsque les interfluves se dénudent, la végétation ne présente un mode contracté que dans les dépressions étroites plus ou moins encaissées. Lorsque les oueds débouchent dans la plaine en cônes d'épandage : la végétation de contractée en amont devient diffuse en aval par suite de l'étalement de l'humidité.

Par ailleurs, il semble que dans le Sud Tunisien et Libyen (jusque sur la Hamada el Hamra), la dénudation des interfluves soit due au sol, au moins en partie.

En effet, dans ces régions les dunes et les hamadas présentent le plus souvent le mode diffus tandis que les regs gypseux et les regs à texture fine offrent un mode contracté. Il y a donc également, coexistence des modes diffus et contracté dans le sous-étage méditerranéen saharien inférieur et en dehors des zones d'accumulation des eaux de ruissellement.

Donc la seule différence nette que nous retiendrons pour caractériser physionomiquement les deux sous-étages est : la présence constante de la steppe à chaméphytes sur les interfluves du sous-étage supérieur et inversement l'existence d'interfluves dénudés dans le sous-étage inférieur. L'on remarquera que la localisation de la végétation (contractée ou

diffuse) dans les lits mineurs d'oueds correspond à l'absence d'écoulements superficiels. La présence exclusive des nanophanérophytes et phanérophytes dans les lits d'oueds témoigne d'écoulements superficiels rares. Lorsque les écoulements deviennent réguliers, on quitte l'étage saharien pour l'étage aride et la végétation tend à désertifier les lits mineurs. Si les écoulements sont fréquents, les lits mineurs se peuplent de nouveau mais d'une végétation hygrophile à *Phragmites*, *Nerium oleander*, etc. on pénètre alors dans l'étage semi-aride.

421. — LE SOUS-ÉTAGE MÉDITERRANÉEN SAHARIEN SUPÉRIEUR

Ce sous-étage est localisé dans les régions suivantes : le Djerid, le Rherib, le Nefzaoua, les Dahars du Nord (Nord de Bordj le Bœuf) et l'Ouara.

421-1. — Groupements des sols squelettiques

Groupement 25. — Association à *Anthyllis sericea* var. *Henoniana* et *Gymnocarpos decander*

I. — Le milieu

A. — *Aire du groupement.* — Cette association a été mise en évidence dans les régions de l'Ouara et des Dahars où elle couvre d'immenses surfaces (environ 800 000 hectares).

B. — *Conditions climatiques.* — L'association caractérise le climat méditerranéen saharien, sous-climat supérieur, variantes à hivers tempérés et à hivers frais.

$$50 < P < 100; 5 < Q < 10; 2 < m < 5.$$

C. — *Conditions topographiques.* — Le groupement ne semble lié à aucune condition topographique particulière.

D. — *Conditions édaphiques.* — Le sol est toujours squelettique, il s'agit d'un reg caillouteux; la surface du sol étant constitué, soit par une croûte quaternaire, soit par un calcaire géologique plus ou moins altéré et dissocié. La sous-association à *Stipa Lagascae* est liée à la présence d'un voile sablonneux recouvrant le substrat caillouteux. La sous-association à *Helianthemum Lippii* var. *intricatum* est liée à un substrat édaphique riche en gypse (généralement un encroûtement gypseux quaternaire).

E. — *Conditions humaines et animales.* — L'association est vouée au pâturage; ce pâturage est fréquenté par les nomades sahariens qui y paissent : moutons, chèvres et dromadaires.

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — *Structure*

C'est une steppe à chaméphytes comprenant deux strates. La strate 20-50 est constituée par les chaméphytes, la strate 0-20 par les thérophytes et les hémicryptophytes. La couverture végétale moyenne est de l'ordre de 10 % de la surface du sol (5 % pour l'association typique, 20 % pour la sous-association à *Stipa Lagascae*).

B. — *Diagnose*

A) Groupe écologique des sols squelettiques ou à croûte caractéristique de l'association (s. l.)

V ³ <i>Anthyllis sericea</i> var. <i>Henoniana</i> (1)	IV ¹ <i>Atractylis serratuloides</i>
V ² <i>Helianthemum Kahircicum</i>	III ² <i>Anabasis oropediorum</i>
V ² <i>Gymnocarpus decander</i>	III ¹ <i>Anabasis articulata</i> var. <i>articulata</i> (1)
	II ¹ <i>Hernaria Fontanesii</i>

1) Groupe écologique d'espèces liées au climat saharien

III ³ <i>Savignya parviflora</i> ssp. <i>longistyla</i>	I ¹ <i>Stephanochilus omphalodes</i>
II ¹ <i>Picris coronopifolia</i> ssp. <i>saharae</i>	I ¹ <i>Chrysanthemum fuscatum</i> var. <i>tripolitanum</i>
II ¹ <i>Plantago ciliata</i>	I ¹ <i>Eremobium aegyptiacum</i> ssp. <i>longisiliquum</i>
II ¹ <i>Centaurea furfuracea</i>	I ¹ <i>Erucaria uncata</i> ssp. <i>aegycceras</i>
I ¹ <i>Launaea glomerata</i>	I ¹ <i>Ammodaucus leucotrichus</i>
I ¹ <i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>eu-resedifolia</i> var. <i>setacea</i>	I ¹ <i>Aristida Foexiana</i>

2) Groupe écologique de l'étage aride différentiel de variante

I ¹ <i>Helianthemum ruficomum</i>	I ¹ <i>Stipa parviflora</i>
	I ¹ <i>Teucrium alopecurus</i>

3) Groupe hyperxérophile différentiel de variante

II ¹ <i>Erodium arborescens</i> (2)	II ¹ <i>Fagonia microphylla</i> var. <i>fruticans</i>
II ¹ <i>Limonium pruinosum</i> ssp. <i>pruinatum</i> (2)	I ¹ <i>Helianthemum crassifolium</i> ssp. <i>glaucum</i> (2)
	I ¹ <i>Fagonia Kahirina</i> var. <i>flamandioides</i>

a) Groupe écologique d'espèces xérophiles peu spécialisées dans l'étage saharien

II ¹ <i>Artemisia herba alba</i>	I ¹ <i>Pituranthos tortuosus</i>
II ¹ <i>Aristida obtusa</i>	I ¹ <i>Teucrium polium</i> s.l.
II ¹ <i>Linaria aegyptiacas</i> ssp. <i>fruticosa</i>	I ¹ <i>Astragalus radiatus</i>
I ¹ <i>Argyrolobium uniflorum</i>	I ¹ <i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>mucronata</i>
I ¹ <i>Arthrophyllum scoparium</i> var. <i>articulatum</i>	I ¹ <i>Schismus barbatus</i> ssp. <i>calycinus</i>
I ¹ <i>Plantago ovata</i>	I ¹ <i>Evax desertorum</i>
I ¹ <i>Stipa retorta</i>	<i>Asteriscus pygmaeus</i>
I ¹ <i>Matthiola longipetala</i> ssp. <i>Kralickii</i>	<i>Scabiosa arenaria</i>

b) Groupe écologique gypsophile

<i>Lygeum spartum</i>	<i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>intricatum</i>
<i>Erodium glaucophyllum</i>	<i>Launaea angustifolia</i>
<i>Reaumuria vermiculata</i>	<i>Astragalus armatus</i> ssp. <i>tragaeanthoides</i>
<i>Pituranthos chloranthus</i> ssp. <i>Cossonianus</i>	<i>Moricandia arvensis</i> ssp. <i>suffruticosa</i>
<i>Diplotaxis Harra</i> ssp. <i>Harra</i>	<i>Aristida ciliata</i>

c) Groupe écologique psammophile différentiel de sous-association

III ³ <i>Stipa Lagascae</i> var. <i>pubescens</i>	II ¹ <i>Aristida plumosa</i> ssp. <i>lanuginosa</i>
II ² <i>Rhantherium suaveolens</i>	II ¹ <i>Cutandia dichotoma</i> var. <i>memphitica</i>
II ¹ <i>Stipa Lagascae</i> var. <i>australis</i>	I ¹ <i>Daucus syrticus</i>
II ¹ <i>Asphodelus refractus</i>	I ¹ <i>Daucus sahariensis</i>
II ¹ <i>Echiochilon fruticosum</i>	I ¹ <i>Fagonia microphylla</i> var. <i>decumbens</i>
	I ¹ <i>Plantago albicans</i>

(1) Liés à l'étage saharien supérieur.

(2) Espèces gypsophiles dans l'étage aride, xérophiles non spécialisées dans l'étage saharien.

d) Différencielle de faciès

Stipa tenacissima

C. — **Biologie**

Thérophytes	46,8 %
Chaméphytes	32,2 %
Hémicryptophytes	17,7 %
Nanophanérophytes	2,2 %
Géophytes	1,1 %

D. — **Dynamisme**

Il est difficile de dire quelle est la végétation primitive. Peut être une steppe à chaméphytes ou une pseudo-steppe à nanophanérophytes, un fait est certain : c'est l'extrême faiblesse dynamique de cette végétation. Dans la région de Ksar Rhilane les traces laissées par les véhicule de la colonne LECLERC étaient encore visibles 15 ans après : la végétation vivace ne s'étant pas reconstituée.

Il semble que le dynamisme de cette végétation procède par à-coups. L'installation d'une plante vivace ne pouvant se faire qu'en des conjonctures climatiques exceptionnelles : automne, hiver et printemps consécutifs anormalement pluvieux.

E. — **Discussion — Interprétation**

I. L'association typique est définie par les groupes : A-1-a.

II. La combinaison A-1-2-a définit une variante à *Stipa parviflora* de transition vers l'étage aride.

III. La combinaison A-1-3-a définit une variante plus xérophile à *Fagonia fruticans* assurant la transition vers des groupements du sous-étage saharien inférieur.

Nous obtenons donc l'écogramme suivant :

A				
groupes climatiques groupes édaphiques	II	I	III	groupes climatiques Sols
a	II a	I a	III a	squelettique calcaire
b	II b	I b	III b	squelettique gypseux
c	II c	I c	III c	squelettique calcaire ensablé
bc	II bc +	I bc	III bc	squelettique gypseux ensablé
d	II d	I d		squelettique moins dégradé
groupes édaphiques Climat	Q ≠ 12	Q ≠ 10	Q ≠ 8	Sols Climat

La combinaison IIIId est impossible car l'alfa ne peut plus végéter sous ce climat.

Ia est l'association typique; Ib est la sous-association à *Helianthemum Lippii* var. *intricatum*; Ic est la sous-association à *Stipa Lagascae*; Ib-c est la sous-association à *Stipa Lagascae* et *Lygeum spartum*; Id est le faciès à *Stipa tenacissima*. Les mêmes groupements homologues existent dans les variantes : ce sont les sous-variantes IIb - IIc - IIIc - IIIId, etc.

L'association à *Anthyllis sericea* var. *Henoniana* comprend donc 14 groupements dont 13 ont été effectivement observés. La sous-association à *Stipa Lagascae* (Ic) assure la transition vers la steppe à *Rhantherium* (groupement n° 15, p. 167).

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — L'exploitation de ce milieu est le pâturage. C'est un pâturage très maigre, bien qu'après les pluies le sol se couvre de thérophytes éphémères fort appréciés des troupeaux : principalement *Savignya parviflora* (Goulougiane) et *Plantago ciliata* (Inhem).

B. — **Potentielle.** — La sous-association à *Stipa Lagascae* peut faire l'objet d'essais d'amélioration pastorale. Nous avons pu voir en Libye méridionale, au sud de Kabao, un essai de mise en défens dans cette association. L'association type ne s'était guère améliorée au bout de 5 ans, tandis que la sous-association à *Stipa Lagascae* offrait des possibilités de charge de l'ordre d'un mouton par 5-10 hectares, soit plus du double des possibilités habituelles. On pouvait compter jusqu'à 3-4 touffes de graminées par m².

421-2. — Groupements des steppes à sol gypseux encroûté

Groupement 26. — Association à *Traganum nudatum* var. *obtusatum* et *Anabasis articulata* var. *articulata*

I. — Le milieu

A. — **Aire géographique.** — C'est une association de la région des grands Chotts; elle a été mise en évidence dans la région du Fedjej entre el Hamma de Gabès et Kebili ainsi que dans la région d'El Hamma du Djerid.

B. — **Conditions climatiques.** — Ces régions sont en lisière des climats arides et sahariens. La pluviosité y est voisine de 100 mm : $Q \approx 10$; $2 < m < 5$.

C. — **Conditions topographiques et géomorphologiques.** — C'est un groupement de basses plaines se développant sur des glacis d'érosion de piedmonts souvent fossilisés par de puissants encroûtements gypseux.

D. — **Conditions édaphiques.** — L'association typique se développe sur de puissants encroûtements de gypse pulvérulent; la sous-association à *Salsola vermiculata* var. *villosa* se développe dans les dépressions là où l'encroûtement a été emporté par l'érosion; ces dépressions montrent un horizon sableux superficiel masquant un substrat géologique marneux à gypse de faciès Wealdien du Néocomien.

La sous-association à *Moricandia arvensis* ssp. *suffruticosa* se développe sur les Djebels à substrat gypseux (marnes gypseuses, encroûtements, gypses massifs) (55).

a — Profil représentant les conditions de sol de l'association type : région de la Bahira entre El Hamma de Gabès et Kebili. Glacis d'érosion à croûte gypseuse, exposition nord; pente 0,5-1 %; couverture végétale 40 %. Coordonnées : 37 G 63'00" × 8 G 12'95".

Profil 24

- 0-60 — Encroûtement de gypse pulvérulent, dur, formé d'une assise palissadique de prismes à base pentagonale de 20-30 cm de diamètre; patine rosée en surface, blanc à l'intérieur; HCl # 0.
60-100 — Marne vert olive très gypseuse à gypse cristallisé en roses des sables; structure polyédrique-angleuse. et au delà

b — Profil représentatif de la sous-association à *Salsola vermiculata* var. *villosa*. Dépression, large, thalweg entouré de sols à croûtes. Coordonnées : 37 G 55'60" × 7 G 74'00".

Profil 25

- 0-20 — Surface sableuse de déflation avec quelques fins graviers; sable mi-grossier; structure particulière; jaune-rougeâtre.
20-100 — Marne Wealdienne bariolée : lie de vin et vert sombre; très gypseux; gros cristaux de gypse. et au delà

E. — **Conditions humaines et animales.** — Ce milieu est utilisé comme terrain de parcours par les populations de la Bahira et du Nefzaoua. Comme partout, le surpâturage est de règle.

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — *Structure*

- C'est une steppe ouverte à chaméphytes dans laquelle on peut distinguer deux strates :
— une strate 20-50 cm formée de chaméphytes et
— une strate 5-30 cm constituée par les thérophytes les hémicryptophytes.

La couverture du sol est en moyenne de 30 à 40 % dans la sous-association à *Salsola vermiculata* var. *villosa* et de 10-15 % dans l'association type. La sous-association à *Moricandia suffruticosa* présente une couverture de 5-10 %.

B. — *Diagnose*

A) Groupe écologique gypsophile-halocline caractéristique

- | | |
|---|---|
| V ² <i>Traganum nudatum</i> var. <i>obtusatum</i> | II ¹ <i>Nitraria retusa</i> |
| III ² <i>Zygophyllum album</i> | I ¹ <i>Limonium tunetanum</i> |
| III ² <i>Salsola Sieberi</i> var. <i>vesceritensis</i> | I ¹ <i>Atriplex mollis</i> |
| III ¹ <i>Suaeda mollis</i> | I ¹ <i>Salsola tetrandra</i> var. <i>puberula</i> |
| III ¹ <i>Limoniasrum Guyonianum</i> | I ¹ <i>Atriplex Halimus</i> |
| II ² <i>Frankenia thymifolia</i> | I ¹ <i>Frankenia pulverulenta</i> |
| | I ¹ <i>Aeluropus littoralis</i> var. <i>repens</i> |

1) Groupe éco-climatique d'espèces sahariennes

- | | |
|---|---|
| III ¹ <i>Megastoma pusillum</i> | II ¹ <i>Echium trygorrhizum</i> |
| II ² <i>Astragalus radiatus</i> | I ¹ <i>Gastrocotyle hispida</i> |
| II ² <i>Plantago ciliata</i> | I ¹ <i>Chrysanthemum fuscum</i> var. <i>tripolitanum</i> |
| IV ² <i>Anabasis articulata</i> var. <i>articulata</i> | I ¹ <i>Euphorbia Guyoniana</i> |
| II ² <i>Savignya parviflora</i> ssp. <i>longistyla</i> | I ¹ <i>Picris coronopifolia</i> ssp. <i>saharae</i> |
| II ² <i>Astragalus gyzensis</i> | I ¹ <i>Erucaria uncata</i> ssp. <i>aegypteras</i> |
| II ¹ <i>Launaea glomerata</i> | I ¹ <i>Calligonum comosum</i> |
| | I ¹ <i>Astragalus hispidulus</i> ssp. <i>Kralickii</i> |

(55) Anhydrite du Keuper et du Lias et Gypses de l'Eocène, principalement.

2) Groupe éco-climatique aride à hivers frais

- II² *Linaria laxiflora*
 II² *Pseuderucaria teretifolia* (gypsophile)
 I² *Matricaria pubescens*

- I¹ *Ammosperma cinereum*
 I¹ *Sclerocephalus arabicus* (gypsophile)
 I¹ *Chrysanthemum trifurcatum* (gypsophile)

a) Groupe écologique gypsophile

- III² *Lygeum spartum*
 III¹ *Helianthemum Lippii* var. *intricatum*
 III¹ *Erodium glaucophyllum*
 II¹ *Pituranthos chloranthus* ssp. *Cossonianus*

- II¹ *Reaumuria vermiculata*
 I¹ *Helianthemum crassifolium* ssp. *glaucum*
 I¹ *Anarrhinum brevifolium*
 I⁺ *Pteranthus dichotomus*
 I⁺ *Nasturtiopsis coronopifolius*

b) Groupe écologique des croûtes et sols squelettiques

- III² *Gymnocarpos decander*
 III¹⁻² *Atractylis serratuloides*

- II² *Helianthemum Kahiricum*
 II¹ *Herniaria Fontanesii*

c) Groupe écologique différentiel de la sous-association à *Moricandia suffruticosa*

cα - SOUS-GROUPE GYPSOPHILE

- II² *Moricandia arvensis* ssp. *suffruticosa*
 II² *Limonium pruinosum* ssp. *Alleizettei*

- II² *Erodium arborescens*
 I² *Launaea quercifolia*
 I¹ *Erodium hirtum*

cβ - SOUS-GROUPE OROPHILE

- I² *Rumex vesicarius* ssp. *vesicarius*

- I¹ *Coris monspeliensis* var. *longispina*

cγ - RELIQUES FORESTIÈRES

- I¹ *Globularia alypum* var. *eriocephala*
 I¹ *Periploca loevigata*

- I¹ *Rhus tripartitum*
 I¹ *Thymus algeriensis* var. *cinerascens*
 I¹ *Helianthemum virgatum* var. *ciliatum*

cδ - SOUS-GROUPE LIMONOPHILE

- I² *Stipa retorta*
 I¹ *Artemisia herba alba*

- I⁺ *Reichardia tingitana*
 I⁺ *Salvia aegyptiaca*
 I⁺ *Asteriscus pygmaeus*

d) Groupe psammophile lié à la sous-association à *Salsola vermiculata* var. *villosa*

- III² *Asphodelus refractus*
 III² *Ifloga spicata*
 III¹ *Aristida plumosa* ssp. *lanuginosa*
 II² *Salsola vermiculata* var. *villosa*
 (psammogypsophyte halocline)
 II² *Astragalus sinaicus*
 II² *Schismus barbatus* ssp. *calycinus*

- II² *Cutandia dichotoma* var. *memphitica*
 II¹ *Bassia muricata*
 II¹ *Adonis dentata*
 II¹ *Plantago albicans*
 II⁺ *Centaurea dimorpha*
 I² *Neurada procumbens*
 I¹ *Asphodelus viscidulus* var. *gabesianus*
 I⁺ *Launaea resedifolia* ssp. *eu-resedifolia*

C. — Biologie

Thérophytes	54,3 %
Chaméphytes	26,2 %
Hémicryptophytes	11,6 %
Géophytes	4,3 %
Nanophanéophytes	3,6 %

D. — Dynamisme

La sous-association à *Salsola vermiculata* et l'association type dérivent probablement d'une steppe à Alfa. La sous-association à *Moricandia suffruticosa* dérive d'une steppe à Alfa qui provenait, elle-même, de la forêt xérophile à *Juniperus phoenicea*, ainsi que semblent l'indiquer les quelques reliques forestières. De toutes façons la végétation est extrêmement dégradée.

E. — Discussion — Interprétation

Les groupes A-1-2-a- caractérisent l'ensemble de l'association.

L'association typique se définit par les groupes A-1-2-a-b.

La sous-association à *Salsola vermiculata* var. *villosa* se définit par les groupes : A-1-2-a-d.

La sous-association à *Moricandia suffruticosa* se définit par les groupes A-1-2-a-c.

Dans c — ca = gypsophytes orophiles;

cô = espèces orophiles pas forcément gypsophiles;

cγ = reliques forestières;

cδ = groupe lié aux lambeaux de sol limoneux qui persistent entre les rochers et dans les diaclases.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — Pâturage très médiocre : en moyenne 20 U.F. par hectare environ.

B. — **Potentielle.** — Amélioration pastorale difficile, probablement pas rentable. Milieu ± stérile.

421-3 — Groupement des regs sableux

Groupement 27. — Association à *Arthrophytum Schmittianum* var. *prostratum* et *Arthrophytum scoparium* var. *scoparium*

I. — Le milieu

A. — **Aire géographique.** — Cette association a été reconnue dans les environs de Remada, entre Remada et Ain Dekouk. Entre Remada et Djeneien (Gouiret Lila) et à l'Ouest de Bordj le Bœuf, dans la région des Dayas.

B. — **Conditions climatiques.** — Climat méditerranéen saharien; sous-climat inférieur, variante à hivers tempérés et à hivers frais, $50 < P < 100$; $5 < Q < 10$; $2 < m < 5$.

C. — **Conditions édaphiques.** — Il s'agit d'un reg sableux sur une croûte calcaire ou un substrat géologique dur; en voici un profil étudié entre Tatahouine et Remada à 2 km Sud de l'embranchement vers Bordj le Bœuf. Coordonnées : 36 G 11'00" × 8 G 82'25".

Profil 26

Surface graveleuse

0-0,5 — Gravier.

0,5-0,7 — Sable colmaté durci en pellicule mince.

0,7-30 — Sable moyen à fin rubéfié à structure particulière lâche; traces d'humidité; couleur 5 YR 5/8 (rouge-jaunâtre).

30-75 — Dalle calcaire à gros éléments, épaisse, presque continue.

75-100 — Calcaire pulvérulent à nombreux nodules.

Ce profil est susceptible des variations suivantes : alluvionnement en surface par un voile de sables éoliens. Remplacement de la croûte par un substrat géologique calcaire plus ou moins dur. Ce dernier cas ne semble pas entraîner de variations dans la composition floristique; alluvionnement superficiel par sables éoliens entraîne la dominance de *Arthrophytum Schmittianum* et la plus grande abondance des psammophytes. Lorsque la texture du sable

devient plus fine (sable-limoneux à limono-sableux) on obtient une sous-association à *Stipa retorta* et *Plantago ovata*.

D. — **Conditions humaines et animales.** — Ce milieu est exploité sous forme de pâturage à moutons et dromadaires.

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — Structure

C'est une steppe très ouverte où la couverture végétale est de l'ordre de 20 % de la surface du sol, on y distingue : une strate à chaméphytes haute de 30-50 cm et essentiellement formée par les *Arthrophytum*; une strate 0-20 cm formée de thérophytes et hémicryptophytes.

B. — *Diagnose*

A) Groupe écologique des psammophytes arides

V ³ <i>Arthrophytum Schmittianum</i> var. <i>Schmittianum</i>	III ¹ <i>Salsola vermiculata</i> var. <i>brevifolia</i>
V ² <i>Asphodelus refractus</i>	III ¹ <i>Ifloga spicata</i> var. <i>typica</i>
V ³ <i>Fagonia glutinosa</i>	III ¹ <i>Aristida plumosa</i> ssp. <i>lanuginosa</i>
V ² <i>Plantago albicans</i> ssp. <i>albicans</i>	III ⁺ <i>Anacyclus cyrtolepidioides</i>
V ¹ <i>Argyrolobium uniflorum</i>	II ¹ <i>Stipa Lagascae</i> var. <i>australis</i>
V ¹ <i>Retama raetam</i> (vitalité réduite)	II ¹ <i>Echium pycnanthum</i> ssp. <i>humile</i>
IV ² <i>Aristida obtusa</i> (déflation)	II ¹ <i>Matthiola longipetala</i> ssp. <i>Kralickii</i>
IV ¹ <i>Rhantherium suaveolens</i>	II ¹ <i>Diplotaxis simplex</i>
III ² <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>	II ⁺ <i>Cutandia dichotoma</i> var. <i>memphitica</i>
III ² <i>Schismus barbatus</i> ssp. <i>calycinus</i>	II ⁺ <i>Linaria aegyptiaca</i> ssp. <i>fruticosa</i>
	<i>Atractylis flava</i> ssp. <i>citrina</i>

1) Groupe éco-climatique lié au climat saharien

V ³ <i>Arthrophytum scoparium</i> var. <i>scoparium</i>	II ¹ <i>Echium trigorrhizum</i>
V ³ <i>Plantago ciliata</i>	I ² <i>Chrysanthemum fuscatum</i> var. <i>tripolitanum</i>
IV ³ <i>Savignya parviflora</i> ssp. <i>longistyla</i>	I ¹ <i>Heliotropium bacciferum</i> ssp. <i>bacciferum</i>
III ¹ <i>Centaurea furfuracea</i>	I ¹ <i>Monsonia heliotropioides</i> var. <i>nivea</i>
III ¹ <i>Astragalus radiatus</i>	I ⁺ <i>Picris coronopifolia</i> ssp. <i>saharae</i>
II ¹ <i>Stephanochilus omphalodes</i>	I ⁺ <i>Larunaea glomerata</i>

a) Groupe écologique des sols squelettiques ou à croûte

IV ³ <i>Helianthemum Kahiricum</i>	II ² <i>Anabasis oropediorum</i>
IV ¹ <i>Gymnocarpus decander</i>	I ² <i>Scilla villosa</i>
III ¹ <i>Atractylis serratuloides</i>	<i>Gymnarrhena micrantha</i>

b) Groupe écologique limonophile différentiel de sous association

III ¹ <i>Plantago ovata</i>	II ¹ <i>Anabasis oropediorum</i>
II ¹ <i>Artemisia herba alba</i>	I ¹ <i>Farsetia aegyptiaca</i>
	I ⁺ <i>Asteriscus pygmaeus</i>

c) Groupe écologique gypsophile

III ¹ <i>Erodium glaucophyllum</i>	I ² <i>Diplotaxis Harra</i> (limonophile)
II ¹ <i>Traganum nudatum</i>	I ⁺ <i>Aristida ciliata</i>

C. — *Biologie*

Thérophytes	59,2 %
Chaméphytes	25,7 %
Hémicryptophytes	13,6 %
Géophytes	1,5 %

D. — *Dynamisme*

Cette association dérive probablement d'une steppe à *Stipa tenacissima*. Son état actuel est dû au surpâturage; les espèces inalibiles dominant.

E. — Discussion — Interprétation

L'association typique est définie par la présence des groupes : A-1-a-c.

La sous-association à *Plantago ovata* et *Stipa retorta* se définit par les groupes : A-1-a-b-c.

Le faciès à *Arthrophytum Schmittianum* ne diffère guère de l'association type, sinon quantitativement par la prédominance de cette dernière espèce et des psammophiles. Il est déterminé par un voile de sable éolien superposé au profil examiné ci-dessus. Cependant, ce faciès ne présente pas de différence floristiques qualitatives avec l'association type; il n'est pas possible de l'élever au rang de sous-association. L'association peut également présenter un faciès à *Arthrophytum scoparium*, lié à une déflation intense (formation de Yardangs de petite taille).

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — C'est un pâturage de médiocre valeur pouvant fournir en moyenne environ 20 U.F. par hectare et par an.

B. — **Potentielle.** — Ce pâturage paraît difficile à améliorer, excepté le faciès à *Arthrophytum Schmittianum*. Ce dernier semble pouvoir être amélioré par rotation et limitation de la charge.

421-4. — Groupements des placages sablonneux et des micro-dunes

Groupement 28. — Association à *Calligonum comosum* et *Anthyllis sericea* var. *Henoniana*

I. — Le milieu

A. — **Aire géographique.** — Ce groupement a été mis en évidence dans les Dahars et la région de l'Ouara; il présente la même aire de répartition que l'association à *Anthyllis sericea* var. *Henoniana* et *Gymnocarpus decander* à laquelle il est dynamiquement lié. Le groupement ne couvre pas des surfaces importantes.

B. — **Conditions climatiques.** — Climat méditerranéen saharien, sous climat supérieur, variante à hivers tempérés et à hivers frais : $50 < P < 100$; $5 < Q < 12$; $2 < m < 5$.

C. — **Conditions topographiques.** — Ce groupement prend souvent naissance sur des flancs de dômes ou de Gours; mais ce n'est pas une règle absolue.

D. — **Conditions édaphiques.** — Il s'agit de regs localement ensablés par un voile de sable mobile de moins de 1,50 m d'épaisseur; ou de micro-dunes densément disposées.

Le substrat est un reg caillouteux de dissociation. La granulométrie du sable éolien montre que 80 à 90 % du sable est formé par des éléments dont le diamètre est compris entre 50 et 200 μ .

E. — **Conditions humaines et animales.** — Pâturage très médiocre mais estival.

II. — La végétation

A. — Physionomie — Structure

On distingue trois strates, une strate 50-150 cm constituée de nanophanérophytes : *Calligonum*, *Retama*, *Arthrophytum*. Une strate de 10-50 formée de chaméphytes et de géophytes (*Aristida pungens*), enfin une strate 0-20, formée de thérophytes. La couverture végétale est très faible et ne dépasse guère 1 % de la surface du sol.

B. — Diagnose

a) Groupe écologique des psammophytes sahariens liés aux sables mobiles

V² *Aristida pungens*

IV² *Calligonum comosum*

IV¹ *Arthrophytum Schmittianum*
var. *Schmittianum*

II¹ *Retama raetam*

b) Groupe écologique lié au substrat squelettique

V² *Anthyllis sericea* var. *Henoniana*

I⁺ *Helianthemum Kahiricum*

I¹ *Gymnocarpos decander*

c) Psammophytes xérophiles

IV¹ *Cutandia dichotoma* var. *memphitica*

II² *Savignya parviflora* ssp. *longistyla* (saharien)

II¹ *Aristida plumosa* ssp. *lanuginosa*

II¹ *Stipa Lagascae* var. *pubescens*

II¹ *Asphodelus refractus*

II² *Salsola vermiculata* var. *brevifolia*

I² *Bassia muricata*

I⁺ *Launaea resedifolia* ssp. *resedifolia*

I⁺ *Rhantherium suaveolens*

TABLEAU 28

ASSOCIATION A CALLIGONUM COMOSUM ET ANTHYLLIS SERICEA VAR. HENONIANA

	N° du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	P.	C.P.
	Altitude en m	90	150	300	400	120	250	200	100	400	350		
	Couverture du sol %	1	1	1	1,5	2	0,5	1	2	1	1		
	Hauteur de la végétation en cm	100	80	70	100	120	60	90	100	80	90		
	Surface des relevés en m ²	10000	5000	5000	10000	2000	10000	5000	2000	5000	5000		
	<u>Groupe écologique des psammophytes sahariens</u>												
Np	<i>Calligonum comosum</i>	1+	1+	1+	1+	1+	1+	1+		1+	1+	9	V
G	<i>Aristida pungens</i>	2+	2+	1+	++	11	1+	1+	11	1+	1+	10	V
Np	<i>Arthrophytum Schmittianum</i> var. <i>Schmittianum</i>	++	++	++	++	1+	1+	1+	11		1+	8	IV
Np	<i>Retama raetam</i>	1+	11	1+	1+	11		++	1+	11	1+	9	V
	<u>Groupe écologique lié au substrat squelettique dur</u>												
Np,Ch	<i>Anthyllis Henoniana</i>	++	++	++	2+		2+	1+	++	1+	1+	9	V
Ch	<i>Helianthemum Kahiricum</i>				++		++					2	I
Ch	<i>Gymnocarpos decander</i>		1+		++		1+			1+		4	II
	<u>Groupe écologique des psammophytes xérophiles</u>												
T	<i>Cutandia memphitica</i>	++	++			++	++					4	II
T	<i>Savignya longistyla</i>		++	++				++				3	II
HC	<i>Aristida lanuginosa</i>				++		++		++			3	II
HC	<i>Stipa Lagascae</i> v. <i>pubescens</i>					++				++	++	3	II
T	<i>Asphodelus refractus</i>	++							++			2	I
Ch	<i>Salsola brevifolia</i>				++						++	2	I
T	<i>Bassia muricata</i>			++			++					2	I
T,HC	<i>Launaea resedifolia</i>	++	++									2	I
Ch	<i>Rhantherium suaveolens</i>			++		++			++			3	II

C. — *Biologie*

Chaméphytes	39,3 %
Thérophytes	22,2 %
Nanophanérophytes	22,2 %
Hémicryptophytes	22,2 %
Géophytes	5,1 %

D. — *Dynamisme*

Cette association dérive de l'association à *Anthyllis Henoniana* et *Gymnocarpos decander* par ensablement. Le climax semble y être une pseudo-steppe à nanophanérophytes.

E. — *Discussion — Interprétation*

L'association type est définie par l'ensemble des groupes écologique : *a-b-c*. On peut y distinguer une sous-association caractérisée par un enrichissement en espèces du groupe des sols squelettiques et à croûte notamment de *Gymnocarpos decander* et *Helianthemum Kahiricum*; cette sous-association est déterminée par une couche de sable éolien d'une épaisseur inférieure à 50 cm qui éliminerait ces deux espèces.

La sous-association à *Gymnocarpos decander*, correspond également à un appauvrissement en nanophanérophytes du groupe *a*. Cette sous-association assure donc la transition vers l'association à *Anthyllis Henoniana* et *Gymnocarpos* (sous-association à *Stipa Lagascae*) dont elle diffère par la présence du groupe *a*.

L'association type assure la transition vers les dunes à *Aristida pungens*, où *Anthyllis Henoniana* est absente. Cette dernière espèce ne peut supporter un ensablement supérieur à 1,50 m.

III. — *Utilisation*

A. — *Actuelle*. — C'est un pâturage saharien dont le seul intérêt est qu'il présente des espèces exploitables en été. C'est le type de pâturage estival à base d'*Aristida pungens*, *Calligonum comosum* et *Retama raetam*.

B. — *Potentielle*. — Aucune amélioration n'est économiquement possible.

421-5. — *Groupements des steppes sablonneuses*

Groupe 29. — Association à *Brocchia cinerea*, *Cyperus conglomeratus* et *Cornulaca monocantha* (association à *Brocchia cinerea* et *Plantago tunetana* GUINCHET)

I. — *Le milieu*

A. — *Aire du groupement*. — Cette association se développe sur les sols sableux à gypse pulvérulent du Djerid depuis El Hamma jusqu'au-delà de Nefta.

B. — *Conditions climatiques*. — Le climat de ces régions est classé dans les climats sahariens, sous-climat supérieur, variante à hivers tempérées. P # 90 mm; Q # 8; m # 4. *m* donné pour la station de Tozeur est de 5,3. Ce chiffre ne nous paraît pas extrapolable à l'ensemble de la région; il semble fortement influencé par la proximité de l'oasis.

C. — **Conditions topographiques et géomorphologiques.** — C'est un groupement de steppes se développant dans les plaines ou les dômes à relief ample, calme. Du point de vue géomorphologie, c'est un reg sableux parfois recouvert d'un voile de sable mobile (sous-association à *Aristida pungens*).

D. — **Conditions édaphiques.** — Cette association se développe sur des sables grossiers à très grossiers, couverts d'une pellicule finement graveleuse. Ces sables sont toujours gypseux.

a — Voici un profil représentatif de l'association typique sur sables profonds. Dôme pontien du Djerid à 4 km au SW de Tozeur. Coordonnées : 37 G 66'00" × 6 G 39'98".

Profil 27

- 0-160 — Surface couverte de sable très grossier à graveleux sur 2-3 mm, puis sable moyen à grossier gypseux; cristaux non visibles à l'œil nu; humide; structure particulière lâche; HCl # 0; couleur 10 YR 8/6 (jaune).
160-200 — Sable grossier à très grossier, humide; structure particulière; HCl#0; couleur 10 YR 8/4 (jaune-brun très pâle); gypseux.

Granulométrie :	1 000 à 2 000 μ	3 %
	500 à 1 000 μ	14 %
	200 à 500 μ	19 %
	100 à 200 μ	21 %
	50 à 100 μ	30 %
	20 à 50 μ	11 %
	moins de 20 μ	2 %

Humidité équivalente : 12 %; capacité d'échange : 4 milliéquiv.%; Na % cap. éch. : 57,5; CO₂Ca total : 0,5; CO₂Ca actif : 0; Cl⁻ : 0,2‰; SO₄²⁻ : 11,6 %; pH : 7,6; SO₄Ca 2H₂O : 20,8 %; NaCl : 0,3‰; Conductivité : 3,5 mmhos.

On comparera ce profil à celui étudié dans le chapitre consacré au sol (56) (profil P6, p. 271). Les deux profils correspondent à la même association, on verra qu'ils sont morphologiquement identiques, bien que le profil P6 tende « pédologiquement » vers un sol évolué du groupe gris sub-désertique.

b — Profil représentatif de la sous-association à *Astragalus armatus* ssp. *Fontanesii*. Dôme du Djerid; 5 km au Sud-Ouest de Tozeur. Coordonnées : 37 G 68'05" × 6 G 38'10".

Profil 28

- 0- 20 — Sable grossier gypseux; humide; structure particulière lâche; couleur 7,5 YR 8/6 (jaune-rougeâtre pâle).
20- 60 — Encroûtement gypseux à gypse pulvérulent.
60-800 — Marnes gypseuses grises pontiennes, avec de gros cristaux en fer de lance.
et au-delà

E. — **Conditions humaines.** — Ce milieu est utilisé comme pâturage; mais la proximité de plusieurs oasis importantes en fait un pâturage extrêmement dégradé, bien qu'améliorable.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

C'est une steppe très ouverte où la couverture végétale ne dépasse pas 20 % de la surface du sol en moyenne.

On ne peut distinguer qu'une strate excepté dans la sous-association à *Aristida pungens*. En effet, les chaméphytes sont tondus jusqu'au collet par les animaux et la hauteur de la végétation ne dépasse guère 20 cm.

Dans l'association type, mise en défens, apparaît après de nombreuses années une structure plus complexe où l'on peut distinguer 3 strates :

- une strate 5-20 de thérophytes, hémicryptophytes;
- une strate 15-50 principalement formée de chaméphytes;
- une strate 50-150 formée de nanophanérophites.

B. — *Diagnose*

a) Groupe écologique d'espèces liées au climat saharien

V ¹ <i>Plantago albicans</i> ssp. <i>lanuginosa</i>	II ¹ <i>Picris coronopifolia</i> ssp. <i>saharae</i>
V ¹ <i>Polycarpaea repens</i>	II ¹ <i>Silene villosa</i>
IV ¹ <i>Astragalus gyzensis</i>	II ⁺ <i>Astragalus sinaicus</i>
IV ⁺ <i>Brocchia cinerea</i>	I ¹ <i>Echium trigorrhizum</i>
III ¹ <i>Centaurea furfuracea</i>	I ¹ <i>Monsonia heliotropioides</i> ssp. <i>nivea</i>
II ¹ <i>Plantago ciliata</i>	I ⁺ <i>Ammaudocus leucotrichus</i> var. <i>longipilus</i>
	I ⁺ <i>Astragalus annularis</i>

b) Groupe écologique de psammophytes sahariens

IV ² <i>Cyperus conglomeratus</i>	IV ¹ <i>Cornulaea monacantha</i>
IV ² <i>Moltkia ciliata</i>	IV ¹ <i>Eremobium aegyptiacum</i> ssp. <i>longisiliquum</i>
	II ² <i>Aristida acutiflora</i>

c) Groupe écologique psammophile des sables mouvants

III ⁺ <i>Retama raetam</i> (aride)	II ² <i>Euphorbia Guyoniana</i> (saharien)
II ²⁻³ <i>Aristida pungens</i> (aride)	I ¹ <i>Calligonum comosum</i> (saharien)
	I ⁺ <i>Ephedra alata</i> ssp. <i>alenda</i> (saharien)

d) Groupe écologique des psammophytes arides (non liés au climat saharien ni aux sables mouvants)

IV ² <i>Danthonia Forskahlei</i> (1)	II ⁺ <i>Ifloga spicata</i> var. <i>typica</i>
IV ¹ <i>Neurada procumbens</i> (1)	II ⁺ <i>Anthemis pedunculata</i> ssp. <i>decumbens</i>
IV ¹ <i>Carduncellus eriocephalus</i>	II ⁺ <i>Arnebia decumbens</i> ssp. <i>microcalyx</i>
IV ¹ <i>Aristida plumosa</i> ssp. <i>lanuginosa</i>	II ⁺ <i>Argyrolobium uniflorum</i>
III ² <i>Echiochilon fruticosum</i>	II ⁺ <i>Fagonia glutinosa</i>
III ² <i>Arthrophytum Schmittianum</i> var. <i>prostratum</i>	I ¹ <i>Nolletia chrysocomoides</i>
III ¹ <i>Astragalus radiatus</i>	I ⁺ <i>Onopordon arenarium</i>
III ¹ <i>Cutandia dichotoma</i> var. <i>memphitica</i>	I ⁺ <i>Ononis serrata</i>
III ¹ <i>Rhantherium suaveolens</i>	I ⁺ <i>Reseda arabica</i>
III ⁺ <i>Asphodelus refractus</i>	I ⁺ <i>Cleome arabica</i> ssp. <i>arabica</i>
III ⁺ <i>Plantago albicans</i> ssp. <i>albicans</i>	I ⁺ <i>Matthiola longipetala</i> ssp. <i>Kralickii</i>
III ⁺ <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>	I ⁺ <i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>resedifolia</i>
III ⁺ <i>Bassia muricata</i>	I ⁺ <i>Centaurea dimorpha</i>
II ⁺ <i>Hippocrepis bicontorta</i>	I ⁺ <i>Atractylis flava</i>

e) Groupe écologique des croûtes et sols squelettiques

II ¹ <i>Atractylis serratuloides</i>	I ⁺ <i>Helianthemum Kahiricum</i>
	I ⁺ <i>Herniaria fruticosa</i>

f) Groupe écologique gypsophile

III ² <i>Astragalus armatus</i> ssp. <i>tragacanthoides</i>	II ⁺ <i>Diploaxis Harra</i>
III ² <i>Aristida ciliata</i>	I ⁺ <i>Traganum nudatum</i>
III ⁺ <i>Erodium glaucophyllum</i>	I ⁺ <i>Zygophyllum album</i>

(1) Lié à la déflation.

C. — *Biologie*

Thérophytes	51 %
Chaméphytes	23 %
Hémicryptophytes	12 %
Nanophanérophytes	2 %
Géophytes	2 %

D. — *Dynamisme*

L'étude d'une zone mise en défens depuis 50 ans à Nefta nous a montré que ce groupement évolue normalement vers une pseudo-steppe à nanophanérophytes lorsque l'action de l'homme et des animaux n'intervient plus. Dans la mise en défense de Nefta, la couverture végétale atteignait 60 à 80 % de la surface du sol en mai 1957; la hauteur de la végétation atteignait 1,20 m. Les nanophanérophytes (*Retama raetam*, *Calligonum comosum*, *Tamarix* sp.) couvraient 20 à 40 % de la surface du sol. A l'extérieur de la mise en défens sur le même sol la couverture végétale ne dépassait pas 5 % et la hauteur de la végétation n'excédait guère 15-20 cm.

Ces faits montrent que la végétation primitive sur les sols sableux de l'étage saharien supérieur n'est certainement pas une steppe à chaméphytes; mais peut être une forêt claire du type *pseudo-sylve* à *Calligonum*.

E. — *Discussion — Interprétation*

Cette association correspond aux associations suivantes :

- Association à *Aristida acutiflora* et *Echium trigorrhizum* de BRAUN-BLANQUET (1949) *pro parte*;
- A l'association à *Helianthemum Kahiricum* et *Aristida obtusa* de BRAUN-BLANQUET (1949) *pro parte*;
- Au groupement à *Anabasis articulata* et *Bassia muricata* de BRAUN-BLANQUET (1949);
- A l'association à *Brocchia cinerea* et *Plantago tunetana* de GUINOCHET (1950).

Comme l'a noté GUINOCHET (1950) il n'y a pas lieu de séparer les trois associations de BRAUN-BLANQUET. Ces trois associations sont d'ailleurs fondées sur la comparaison de 4 relevés et n'ont, par conséquent, que peu de signification. D'ailleurs la plante appelée *Anabasis articulata* par BRAUN-BLANQUET est en réalité *Arthrophytum Schmittianum* var. *prostratum*. Cette confusion entre *Arthrophytum Schmittianum* et *Anabasis articulata* est fréquente chez les botanistes non familiarisés avec la flore saharienne et travaillant sur des échantillons stériles.

L'association à *Brocchia cinerea* et *Plantago tunetana* GUINOCHET, par contre, est une très bonne association; mais nous ne pouvons en conserver le nom parce que *Plantago tunetana* n'existe pas dans cette association; il s'agit en réalité de *Plantago albicans* ssp. *lanuginosa*.

Les trois sous-associations distinguées par GUINOCHET sont également très bonnes; mais nous les définissons différemment en précisant leur écologie que GUINOCHET avait indiqué schématiquement.

L'association typique (*Danthonietosum* GUINOCHET) se définit par la présence des groupes écologiques : a-b-d-(f). Le groupe f est discrètement représenté.

L'association typique correspond au premier profil de sol (cf. supra). Elle se caractérise, également (comme l'a noté GUINOCHET), par une déflation assez importante. Les plantes sont généralement déchaussées. *Danthonia Forskahlei* et *Aristida obtusa* semblent liées à la déflation.

La sous-association à *Atractylis serratuloides* (*Astragaletosum* GUINCHET) se définit par les groupes écologiques *a-b-d-e-f*. *Astragalus armatus* ssp. *tragacanthoides* n'est pas différentielle de cette sous-association comme l'a pensé GUINCHET. *Astragalus* existe également dans l'association type, elle est liée au gypse et nous avons vu (cf. profils) que les sables même profonds contenaient 5 à 20 % de gypse pulvérulent. Mais *A. Armatus* est effectivement plus abondante dans la sous-association à *Atractylis serratuloides*, car celle-ci est liée à un encroûtement gypseux dont le principal réactif est constitué par les groupes *e* (croûtes, sols squelettiques) et *f* (gypse), mais *f* existe aussi bien quoiqu'appauvri dans l'association type. Cette sous-association définit également un reg sableux où la déflation est intense.

La sous-association à *Aristida pungens* (*Ephredretosum* GUINCHET) correspond à une variation du profil de l'association type par apport d'une couche d'épaisseur variable de sable éolien. Cette sous-association se définit par les groupes *a-b-c-d* à l'exclusion de *e* et *f*. L'accumulation de sable est plus ou moins importante; le premier réactif en est *Aristida acutiflora* puis *Aristida pungens*, puis *Arthrophytum Schmittianum* var. *Schmittianum*. *Ephedra alata* et *Calligonum comosum* ne peuvent exister que dans les zones en défens ou très éloignées de toute habitation. Ces espèces sont donc exceptionnelles et c'est pourquoi nous préférons le nom de sous-association à *Aristida pungens* à celui de sous-association à *Ephedra alata* ssp. *alenda*.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — C'est un pâturage à moutons et chèvres relativement riche de potentialités pour la région, mais extrêmement dégradé par un surpâturage insensé.

B. — **Possibilités.** — La mise en défens de Nefta montre clairement que ce milieu offre de réelles possibilités d'amélioration pastorale; mais on ne devra pas perdre de vue que le dynamisme y reste peu accentué et ce d'autant plus que la végétation est plus dégradée. La reconstitution d'une végétation dégradée est toujours très lente au départ; puis, à partir d'un certain stade de reconquête, elle semble progresser de plus en plus vite à mesure que les interactions sol-végétation créent un milieu plus favorable à la vie (ombre, arrêt de la déflation, accumulation de sable, enrichissement du sol en matières organiques, etc.). Il semble que les seuils micro-climatiques et micro-édaphiques jouent un rôle essentiel dans le dynamisme de la végétation désertique.

421-1. — Groupements des oueds sablonneux et des Dayas

Groupement 30. — Association à *Retama raetam*, *Arthrophytum Schmittianum* var. *Schmittianum* et *Calligonum comosum*

I. — Le milieu

A. — **Aire du groupement.** — Cette association a été étudiée dans les oueds de la zone saharienne, dans les régions de Remada, Bordj le Bœuf, les Dahars, au Sud de Tatahouine et dans l'Ouara.

B. — **Conditions climatiques.** — C'est une association du climat méditerranéen saharien supérieur, variantes à hivers tempérés et frais : $50 < P < 100$; $5 < Q < 12$; $2 < m < 5$.

C. — **Conditions topographiques.** — Le milieu défini par ce groupement occupe les dépressions, les lits d'oueds et toutes les zones qui reçoivent un appoint d'eau important par le ruissellement.

D. — **Conditions édaphiques.** — Les sols sont constitués de sables plus ou moins grossiers, profonds, faiblement mobiles, plus ou moins caillouteux en profondeur. Le sable est plus ou moins fixé et forme des Nebkas autour des Nanophanérophytes. Le fait édaphique essentiel est une augmentation de l'humidité par rapport à la normale de la région du fait des apports des eaux de ruissellement et des épandages d'oueds.

E. — **Conditions humaines et animales.** — Le sol est parfois ensemencé en orge entre les Nebkas. Sinon l'utilisation principale est le pâturage; c'est un pâturage d'été.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

Physionomiquement nous appelons cette formation « pseudo-steppe » à nanophanérophytes. On peut, en effet, distinguer trois, parfois quatre, strates.

- 0- 20 — Strate basse composée d'annuelles et d'hémicryptophytes.
- 15- 50 — Strate formée surtout de chaméphytes.
- 50-150 — Strate de Nanophanérophytes.
- au-delà de 200 — Strate arborescente (*Acacia raddiana*, *Olea europea*); cette strate est presque toujours absente.

La couverture végétale moyenne est de l'ordre de 50 % de la surface du sol.

B. — *Diagnose*

a) groupe écologique des nanophanérophytes, psammophiles de l'étage saharien

- | | |
|---|--|
| V ² <i>Arthrophytum Schmittianum</i> | V ³ <i>Retama raetam</i> |
| var. <i>Schmittianum</i> | III ¹ <i>Calligonum comosum</i> |

b) groupe écologique des nanophanérophytes ripicoles dans l'étage saharien

- | | |
|--|---|
| V ² <i>Ziziphus Lotus</i> ssp. <i>eu-Lotus</i> | I ¹ <i>Ephedra major</i> var. <i>nebrodensis</i> |
| III ¹ <i>Lycium arabicum</i> | I ¹ <i>Periploca loevigata</i> |
| II ¹ <i>Calycotome villosa</i> ssp. <i>intermedia</i> | I ¹ <i>Rhus tripartitum</i> |

c) groupe écologique ripicole de l'étage saharien

- | | |
|--|---|
| IV ² <i>Polygonum equisetiforme</i> | II ¹ <i>Cymbopogon schoenanthus</i> ssp. <i>laniger</i> |
| III ² <i>Artemisia campestris</i> | II ¹ <i>Marrubium deserti</i> |
| II ¹ <i>Pituranthos scoparius</i> ssp. <i>eu-scoparius</i> | II ¹ <i>Artemisia herba alba</i> |
| I ¹ <i>Moricandia arvensis</i> ssp. <i>suffruticosa</i> | I ¹ <i>Lavandula multifida</i> |
| II ¹ <i>Pituranthos chloranthus</i> ssp. <i>intermedius</i> | I ¹ <i>Thymus capitatus</i> |
| II ¹ <i>Pituranthos chloranthus</i> ssp. <i>robustus</i> | I ¹ <i>Dianthus</i> sp. (indéterminable, jamais récolté en fleurs) |
| II ¹ <i>Pennisetum elatum</i> | |

d) groupe éco-climatique de l'étage saharien

- | | |
|---|--|
| III ² <i>Erucaria uncatata</i> ssp. <i>aegypticas</i> | I ¹ <i>Plantago ciliata</i> |
| I ¹ <i>Savignya parviflora</i> ssp. <i>longistyla</i> | I ¹ <i>Plantago psyllium</i> var. <i>parviflorum</i> |
| I ¹ <i>Chrysanthemum fuscum</i> var. <i>tripolitanum</i> | I ¹ <i>Megastoma pusillum</i> |
| I ¹ <i>Plantago amplexicaulis</i> var. <i>bauphuloides</i> | I ⁺ <i>Ammodaucus leucotrichus</i> var. <i>longipilus</i> |
| I ¹ <i>Centaurea furfuracea</i> | I ⁺ <i>Stephanochilus omphalodes</i> |

e) groupe écologique psammophile érérophile

- IV² *Plantago albicans* ssp. *albicans*
- III² *Cutandia dichotoma* var. *memphitica*
- III² *Matthiola longipetala* ssp. *Kralickii*
- II¹ *Echiochilon fruticosum*
- II¹ *Ifloga spicata* var. *typica*
- II¹ *Helianthemum Lippii* var. *sessiliflorum*
- II¹ *Koelpinia linearis*
- II¹ *Launaea resedifolia* ssp. *eu-resedifolia*
- I¹ *Colocynthis vulgaris*

- I¹ *Nolletia chrysocomoides*
- I¹ *Danthonia Forskahlei*
- I¹ *Linaria aegyptiaca* ssp. *fruticosa*
- I¹ *Argyrolobium uniflorum*
- I¹ *Schismus barbatus* ssp. *calycinus*
- I¹ *Daucus syrticus*
- I¹ *Anacyclus cyrtolopidioides*
- I¹ *Stipa Lagascae*
- I¹ *Malva aegyptiaca*
- I¹ *Koeleria pubescens* ssp. *Salzmannii*

f) groupe écologique rudéral

- II¹ *Peganum harmala*
- I¹ *Emex spinosus*

- I¹ *Malva parviflora*
- I¹ *Hordeum murinum* ssp. *leporinum*

g) groupe écologique lié à la culture

- III² *Cynodon dactylon*
- II¹ *Convolvulus supinus*
- I¹ *Anagallis Monelli* ssp. *linifolia*
- I¹ *Carduus gaetulus*

- I¹ *Pituranthos tortuosus* var. *virgatus*
- I¹ *Heliotropium bacciferum* ssp. *bacciferum*
- I¹ *Heliotropium bacciferum* ssp. *undulatum*
- I¹ *Vicia cinerea*

h) espèce différentielle des dunes non fixées

- I¹ *Aristida pungens*

C. — **Biologie**

Thérophytes	57,5 %
Chaméphytes	20,6 %
Nanophanérophytes	10,3 %
Hémicryptophytes	7,3 %
Parasites	2,9 %
Géophytes	1,4 %

60 % de la couverture végétale sont dus aux nanophanérophytes.

D. — **Dynamisme**

Cette association dérive d'une formation arborée à *Acacia raddiana*. Nous avons trouvé deux ou trois fois de très vieux spécimens de cette espèce que leur caractère « Marabout » avait préservé de la destruction. D'ailleurs la présence dans ces oueds de quelques reliques ou compagnes forestières (*Rhus tripartitum*, *Periploca laevigata*, *Lavandula multifida*, *Thymus capitatus*) confirme ce point de vue.

E. — **Discussion — Interprétation**

Cette association comprend trois sous-associations qui se définissent de la manière suivante :

- n° 1. — Association typique : groupes a-c-d-e. L'association typique peut représenter des faciès f, g ou fg.
- n° 2. — Sous-association à *Ziziphus Lotus* et *Calycotome intermedia* : groupes a-b-c-(d)-e. Avec les mêmes faciès que l'association type (ces faciès sont même de règle ici) : fg, g, f.
- n° 3. — Sous-association à *Aristida pungens* : a-(b)-c-d-e-h; pas de faciès rudéraux ni cultivés.

Dans la sous-association à *Ziziphus* le groupe d est appauvri, ce qui s'exprime par le symbole (d); de même pour le groupe b → (b) dans la sous-association à *Aristida pungens*.

Les conditions écologiques qui déterminent l'existence de ces sous-associations sont les suivantes :

- n° 1. — sols sablonneux en Nebkas; oueds et zones d'épandage recevant des appoints d'eaux moins importants que 2; donc milieu plus aride (Remada).
- n° 2. — sol sablonneux; appoint d'eau plus important ou région moins nettement saharienne : à la limite du climat aride et saharien (Tatahouine).
- n° 3. — lits d'oueds à dunes vives (Dahars). Il y a lieu de distinguer, par ailleurs, les sous-groupements des dayas de ceux des lits d'oueds.

Cette distinction se fait au niveau de la sous-association, chaque sous-association possède donc deux « séries » : la *série ripicole* et la *série dayacole*. La série ripicole se définit par la présence du groupe c; la série dayacole par l'absence de ce groupe.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — La sous-association à *Ziziphus Lotus* est assez souvent emblavée en orge. L'association typique l'est rarement; la sous-association à *Aristida pungens* ne l'est jamais.

Au point de vue pastoral, ce sont des zones intéressantes parce que permettant le pâturage estival. La production actuelle peut être évaluée à 40 U.F. par hectare.

B. — **Potentielle.** — La vocation de ces milieux est l'amélioration pastorale après domestication des eaux de crues. Nous avons même vu des plantations d'oliviers et figuiers derrière des barrages de rétention. L'arboriculture n'y semble cependant pas à sa place.

427-7. — Groupements des steppes sablonneuses à nappes phréatiques profondes

Groupement 31. — Association à *Traganum nudatum* var. *obtusatum*, *Retama raetam* et *Suaeda mollis*

(=Association provis. à *Traganum nudatum* et *Suaeda vermiculata* GUINOCHET)

M. GUINOCHET (1950) a groupé sous le nom provisoire de « Association à *Traganum nudatum* et *Suaeda vermiculata* » deux relevés qu'il avait effectués dans la région de Douz en 1948. Une trentaine de relevés nous ont montré que GUINOCHET avait vu juste : ses deux relevés sont parfaitement représentatifs de notre association.

I. — Le milieu

A. — **Aire du groupement.** — Cette association a été étudiée dans le Nefzaoua, Kebili, Douz, etc... Le Rherib, El Faouar, Redjem Maatoug, etc..., et au Sud de Tatahouine : Aïn Dekouk, Remada.

B. — **Conditions climatiques.** — Ces régions sont comprises dans le climat méditerranéen saharien supérieur à hivers frais ou tempérés : P # 80; Q # 8; $2 < m < 5$.

C. — *Conditions topographiques.* — Ces régions constituent le rebord de la cuvette du Djerid; l'altitude se situe entre 30 et 60 m au-dessus du niveau de la mer. Le groupement évite les parties basses du nanorelief, parce que celles-ci présentent généralement des sols fortement salés.

D. — *Conditions édaphiques.* — Un sol très représentatif de l'association typique a été décrit dans le chapitre consacré aux sols. Il s'agit de sols sablonneux, mouvants en surface, contenant du gypse pulvérulent et présentant une nappe phréatique profonde.

En voici un autre de la région de Douz. — Coordonnées : 37 G 17' 75" × 7 G 37' 85".

Profil 29

- 0- 30 — Sable moyen à fin, gypseux, beige; structure lâche; racines, radicules.
- 30- 50 — Sable moyen à imprégnation gypseuse formant un encroûtement tendre.
- 50-200 — Sable fin, gris rosé; structure particulière serrée; gypseux; nodules gypseux et quelques petites roses des sables; racines et radicules; humide.
- 200-270 — Sable fin gypseux gris clair à traînées verdâtres; structure demi-serrée; très humide à gorgé d'eau; racines et radicules; nappe à 270.

Analyses

- 0- 30 — Calcaire total : 3 %; NaCl : 0,9 ‰; SO₄Ca 2H₂O : 10 %.
- 30- 50 — Calcaire total : 2,5 %; NaCl : 1,1 ‰; SO₄Ca 2H₂O : 37 %.
- 50-200 — Calcaire total : 7,3 %; NaCl : 0,9 ‰; SO₄Ca 2H₂O : 18 %.
- 200-270 — Calcaire total : 2,5 %; NaCl : 0,7 ‰; SO₄Ca 2H₂O : 5 %.

Interprétation : Sol hydromorphe à encroûtement gypseux de nappe légèrement chloruré. La nappe peut être basse, jusqu'à — 5 m; ou plus haute : jusqu'à — 1 m 50.

E. — *Conditions humaines et animales.* — Ce milieu est livré au pâturage.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

Le groupement se présente sous la forme d'une pseudo-steppe à nanophanérophytes, tout à fait comparable à l'association n° 30; on peut donc y distinguer trois strates :

- 0- 20 — composée de thérophytes et hémicryptophytes
- 15- 50 — composée principalement de chaméphytes
- 50-200 — formée par les nanophanérophytes.

La couverture végétale atteint, en moyenne, 20 % de la surface du sol.

B. — *Diagnose*

a) groupe écologique d'espèces phréatophiles gypsophiles haloclines

V²⁻³ *Traganum nudatum* var. *obtusatum*
V² *Suaeda mollis*

IV¹ *Limoniastrum Guyonianum*
I² *Salsola Sieberi* var. *vesceritensis*
I¹ *Tamarix pauciovulata*

b) groupe écologique des nanophanérophytes psammophiles

V² *Arthrophytum Schmittianum*
var. *Schmittianum*

V² *Retama raetam*
I³ *Euphorbia Guyoniana*

c) groupe éco-climatique de l'étage méditerranéen saharien

II¹ *Savignya parviflora* ssp. *longistyla*
I¹ *Launaea glomerata*
I¹ *Astragalus sinaicus*
I¹ *Plantago albicans* ssp. *lanuginosa*
I¹ *Echium trigorrhizum*

I¹ *Eremobium aegyptiacum* ssp. *longisiliquum*
I¹ *Stephanochilus omphalodes*
I⁺ *Astragalus hispidulus* ssp. *Kralickii*
I⁺ *Gastrocotyle hispida*
I⁺ *Erucaria uncata* ssp. *aegycceras*

d) groupe écologique des psammophytes xérophiles

III ^a	<i>Plantago albicans</i> ssp. <i>albicans</i>	I ^a	<i>Helianthemum Lippii</i> ssp. <i>sessiliflorum</i>
II ^a	<i>Asphodelus refractus</i>	I ^a	<i>Maresia nana</i>
II ^a	<i>Bassia muricata</i>	I ^a	<i>Lotus citysioides</i> ssp. <i>collinus</i>
II ^a	<i>Astragalus radiatus</i> ssp. <i>Linkianus</i>	I ^a	<i>Danthonia Forskahlei</i>
II ^a	<i>Cutandia dichotoma</i> var. <i>memphitica</i>	I ^a	<i>Onopordon arenarium</i>
I ^a	<i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>resedifolia</i>	I ^a	<i>Lotus pusillus</i>
I ^a	<i>Centaurea dimorpha</i>	I ^a	<i>Rhantherium suaveolens</i>
I ^a	<i>Silene arenarioides</i>	I ^a	<i>Arnebia decumbens</i> ssp. <i>microcalyx</i>
I ^a	<i>Ifloga spicata</i> var. <i>typica</i>	I ^a	<i>Aristida obtusa</i>
I ^a	<i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>mucronata</i>	I ^a	<i>Aristida plumosa</i> ssp. <i>lanuginosa</i>
		I ^a	<i>Stipa Lagascae</i> var. <i>pubescens</i>

e) groupe écologique des croûtes

II ^a	<i>Gymnocarpos decander</i>	I ^a	<i>Herniaria Fontanesii</i>
I ^a	<i>Helianthemum Kahiricum</i>	I ^a	<i>Atractylis serratuloides</i>
		I ^a	<i>Anthyllis sericea</i> var. <i>Henoniana</i>

f) groupe écologique gypsophile

I ^a	<i>Reaumuria vermiculata</i>	I ^a	<i>Zygophyllum album</i>
I ^a	<i>Lygeum spartum</i>	I ^a	<i>Frankenia thymifolia</i>
I ^a	<i>Traganum nudatum</i> var. <i>obtusatum</i>	I ^a	<i>Limonium pruinoseum</i> var. <i>Alleizettei</i>
I ^a	<i>Erogiun glaucophyllum</i>	I ^a	<i>Launaea angustifolia</i>

g) groupe écologique halophile (mésahalophytes)

I ^a	<i>Salsola tetrandra</i>	I ^a	<i>Atriplex mollis</i>
I ^a	<i>Suaeda fruticosa</i>	I ^a	<i>Atriplex Halimus</i>

h) groupe écologique des sables non fixés

I ^a	<i>Aristida pungens</i>	I ^a	<i>Calligonum comosum</i>
		I ^a	<i>Ephedra alata</i> ssp. <i>alenda</i>

C. — **Biologie**

Thérophytes		45,0 %
Chaméphytes		29,0 %
Hémicryptophytes		15,9 %
Nanophanérophytes		7,3 %
Géophytes		2,8 %

40 à 50 % de la couverture végétale sont assurés par les nanophanérophytes.

D. — **Dynamisme**

La végétation primitive est ici une Tamaricaie constituée principalement de *Tamarix pauciovulata* et *Boveana*. Nous avons retrouvé à plusieurs reprises des vestiges de cette tamaricaie. Le *Tamarix* revient d'ailleurs souvent dans la toponymie locale des régions où se développe ce groupement : oued Tarfa, Tarfaïet el Kraoub, etc.

E. — **Discussion — Interprétation**

n° 1. — L'association typique est définie par les groupes écologiques : a-b-c-d. Il y a lieu de distinguer *Traganum nudatum* en fonction de son état biologique; à l'état de nanophanérophyte il est lié à la présence d'une nappe phréatique; à l'état de chaméphyte, il est lié à la présence de gypse seulement; d'où son existence dans le groupe a sous forme de nanophanérophyte et dans le groupe f sous forme de chaméphyte. L'association type correspond à un profil de sol du type de celui étudié dans les conditions édaphiques; sol sablonneux à gypse pulvérulent avec nappe phréatique profonde et légère salure. Lorsque le groupe a domine, la nappe se trouve à moins de 2 mètres de la surface du sol (entre 1 m 20 et 2 m); si le groupe b domine, la nappe est plus profonde (jusqu'à 5 m).

Dans le Rherib : Redjem Maatoug, Bir Kenafès, Bir Hamed Ben Slama, etc..., l'association se présente sous la forme d'une « série » appauvrie où tous les groupes écologiques sont représentés, mais appauvris, excepté le groupe *a*. La plante dominante devient *Limoniastrum Guyonianum* accompagnée des autres plantes du groupe *a*. Cette série a été peu étudiée du point de vue écologique mais elle semble liée à une aggravation de la salure en profondeur car, dans la « Catena », elle assure la transition vers des groupements nettement halophiles.

n° 2. — La sous-association à *Atractylis serratuloides* se définit par la présence des groupes : *a-b-c-d-e-f*. Cette sous-association colonise des sols sablonneux en surface, mais présentant un encroûtement gypseux plus ou moins superficiel. Lorsque l'encroûtement est en surface, les groupes *a* et *b* s'appauvrissent, ce qui s'indique par les symboles (*a*) et (*b*). Il existe peut-être une sous-association à encroûtement calcaire; elle serait définie par : (*a*)-*b-c-d-e*, mais ce groupement n'a jamais été observé.

n° 3. — La sous-association à *Salsola tetrandra* se définit par les groupes : *a-b-c-d-g*; elle correspond à des sols contenant en profondeur des quantités notables de chlorures (plus de 2 ‰). Ces sols sont donc des sols halomorphes ensablés (cryptosolontchacks). *Limoniastrum Guyonianum* prend une grande extension dans cette sous-association, du fait de la proximité d'un horizon humide et salé.

n° 4. — La sous-association à *Aristida pungens* se définit par les groupes *a-b-c-d-h*; elle correspond à un ensablement important et non fixé, mais en voie de fixation.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — C'est un pâturage pouvant produire 20 à 40 U.F. par hectare et par an, mais qui présente l'avantage de fournir un pacage estival.

B. — **Potentielle.** — La plupart des oasis de Nefzaoua ont été constituées dans le milieu défini par l'association typique. La sous-association à *Atractylis serratuloides* est moins favorable à l'établissement des oasis; la sous-association à *Salsola tetrandra* indique la nécessité de l'établissement d'un réseau de drainage avant la mise en valeur, de même que la série appauvrie à *Limoniastrum Guyonianum* de l'association typique. La mise en valeur nécessite également un dispositif de protection contre l'ensablement, principalement dans la sous-association à *Aristida pungens*.

421-8. — Groupements du Grand Erg oriental

Groupement 32. — Association à *Calligonum azel* et *Calligonum arich*

I. — Le milieu

A. — **Aire géographique.** — Ce groupement semble localisé dans la portion Nord-Est du Grand Erg Oriental, entre la latitude de Bordj le Bœuf et celle de Ksar Rhilane, c'est-à-dire entre 32° et 33° de latitude Nord et 8°30' et 9°40' de longitude Est.

B. — **Conditions climatiques.** — Ces régions se placent à la limite des climats méditerranéen saharien supérieur et inférieur : $50 < P < 70$; $5 < Q < 8$; $2 < m < 5$.

C. — **Conditions topographiques.** — Le groupement est localisé sur les grands cordons dunaires et les Oghourds. Les espaces interdunaires étant colonisés par une association à *Helianthemum brachypodum* (cf. *infra*).

D. — **Conditions édaphiques.** — Il s'agit évidemment de sables mobiles très profonds siliceux, de granulométrie moyenne, dont voici une analyse :

Coordonnées : 36 G 37' 80" × 7 G 99' 10".

Profil 30

Granulométrie :	500 à 2 000 μ	0 %
	200 à 500 μ	1 %
	100 à 200 μ	54 %
	50 à 100 μ	45 %
	moins de 50 μ	0 %

Humidité équivalente : 1,6 %; conductivité : 3,9 mmhos; capacité d'échange : 3,6 milliéquiv. %; Na % cap. éch. : 16,4; CO₃Ca total : 0; CO₃Ca actif : 0; Cl⁻ : 0,05 %; SO₄⁻ : 0,5 %; pH : 8,1.

On notera la présence de près de un pour cent de sulfates (exprimés en SO₄Ca 2H₂O) dans ces sables éoliens, ce qui tend à démontrer l'hypothèse de Coquerel (1954-1955) sur l'origine éolienne de certains encroûtements gypseux.

E. — **Conditions humaines.** — Cette association représente probablement un climax; elle a pu survivre jusqu'ici en raison de l'éloignement de tout village et des difficultés d'accès même pour les troupeaux. Cependant, le groupement est en voie de disparition rapide, car depuis la guerre les arbres et arbustes qui le composent sont l'objet d'une destruction intense. Les nomades en font du charbon de bois; et nous avons pu voir des caravanes entières transporter vers Kebili et Gabès du charbon de *Calligonum*. Le dynamisme de cette végétation étant très faible, l'extinction de l'association paraît certaine à brève échéance.

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — *Structure*

Cette association présente une physionomie très originale pour laquelle nous proposons le terme de « pseudo-sylve à *Calligonum* ». En effet, l'essentiel de la végétation est formé de phanérophyles : *Calligonum azel* et *C. arich* (espèce nouvelle) peuvent atteindre 5 à 10 m de haut et un diamètre de tronc de 50 à 80 cm à 1,30 m de haut. Ces arbres et arbustes couvrent environ 0,01 % de la surface des dunes, soit un arbre par hectare environ en moyenne. Outre ces végétaux, on note la présence de rares touffes d'*Aristida pungens*. Ces espèces présentent un enracinement latéral extrêmement puissant : on peut suivre de grosses racines de *Calligonum* sur plusieurs dizaines de mètres. La concurrence vitale entre donc en jeu et il y a effectivement association et concurrence vitale et non pas seulement coexistence. Le groupement correspond donc bien à la définition de l'association végétale.

B. — *Diagnose*

L'association ne comprend que quatre plantes :

V⁺ *Calligonum azel*
V⁺ *Aristida pungens*

IV⁺ *Calligonum arich*
III⁺ *Calligonum comosum*

Peut-être y a-t-il lieu d'y ajouter *C. calvescens*, mais cette existence est douteuse, car nous avons trouvé des *Calligonum* sans fleurs et sans fruits alors que les trois espèces précédentes en portaient.

TABLEAU 32

ASSOCIATION A CALLIGONUM AZEL ET CALLIGONUM ARICH

Nos relevés		1	2	3	4	5	6	P.	C.P.
FORMES BIOLOGIQUES	Altitude en m	280	260	300	290	280	320		
	Couverture du sol %	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
	Hauteur de la végétation en cm	250	300	300	400	300	250		
	Surface des relevés en ha	2	1	1,5	2	3	1		
Ph	Calligonum azel	+	+	+	+	+	+	6	V
Ph	Calligonum arich	+		+	+	+	+	5	IV
Nph	Calligonum comosum	+	+	+	+	+		4	III
G	Aristida pungens	+	+	+	+	+	+	6	V
HC,G	Astragalus gombiformis		+					1	I

C. — Biologie

Nous avons donc : deux Phanérophytes
un Nanophanérophyte
et un Géophyte

Mais *C. azel* et *C. arich* peuvent être évidemment à l'état de nanophanérophytes.

D. — Dynamisme

Nous pensons qu'il s'agit d'une végétation résiduelle car nous n'avons jamais constaté de très jeunes sujets de *C. azel* ni de *C. arich*. De toute façon, l'exploitation des arbres pour le charbon de bois amènera leur disparition à plus ou moins brève échéance.

E. — Discussion — Interprétation

C. arich semble localisé sur les sommets des grands cordons dunaires (20-100 m de haut) et des Oghourds; *C. azel* se trouve avec *C. arich* sur les sommets, mais descend sur les flancs des dunes, tandis que *C. comosum* est localisé sur les contre-bas, là où le substrat paraît plus proche. *A. pungens* se rencontre dans n'importe quel point de la topographie dunaire.

La présence de cette végétation arborée dans l'Erg Oriental paraît un phénomène unique du Sahara. Il peut s'expliquer par le fait que l'Erg Oriental, au moins dans sa portion Nord-Est, est un « Erg humide », si l'on peut dire. En effet, il est situé dans une cuvette formée par les points les plus bas du revers de la Cuesta des Matmatas.

Cette partie de l'Erg est régulièrement alimentée en eau par les oueds issus des Matmatas dont les crues viennent se perdre sous les sables. C'est probablement là une des principales conditions de formation de la nappe campanienne du Nefzaoua, du Rherib et peut-être même du Djerid. D'ailleurs la partie septentrionale de l'Erg Oriental possède une nappe phréatique; cette partie est truffée de puits dont la profondeur varie de 10 à 40 m.

Outre une pluviosité de 50 à 70 mm, ces conditions font donc de la partie septentrionale du Grand Erg une zone relativement humide comparée à l'Erg Occidental, à l'Erg Chèche, ou aux Edeyen du Fezzan; elles expliquent, à notre sens, cette végétation arborée unique au Sahara.

III. — Utilisation

A. — **Actuelle.** — La densité des populations dans la partie occidentale du Grand Erg : (Guemar, El Oued, Touggourt) explique l'absence de notre association dans cette région. Le côté oriental du Grand Erg, au contraire, est à peu près désert. La pénurie de combustibles

pendant la guerre a seule provoqué la destruction des *Calligonum* arborescents de l'Erg Tunisien; des caravanes venaient depuis Gabès (200 km) chercher du charbon de bois dans l'Erg.

B. — **Potentielle.** — L'utilisation des *Calligonum* arborescents pourrait s'avérer utile dans les problèmes de fixation des sables désertiques. Ces problèmes sont parfois importants au point de conditionner l'exploitation des ressources pétrolières éventuelles.

421-9. — Groupements rudéraux

Groupement 33. — Association à *Euphorbia Guyoniana* et *Oudneya africana* ssp. *africana* (GUINOCHET)

Nous avons retrouvé à plusieurs reprises cette association décrite provisoirement en 1950 par M. GUINOCHET.

I. — Le milieu

A. — **Aire géographique.** — GUINOCHET a signalé cette association dans le Djerid et le Nefzaoua. Nous l'avons retrouvée dans d'autres points du Nefzaoua, à Bir Aouine, à Djeneien et entre Rhadamès et Derj en Libye méridionale.

B. — **Conditions climatiques.** — C'est un groupement $\pm$ lié au climat méditerranéen saharien supérieur : $50 < P < 100$; $5 < Q < 8$; $2 < m < 5$.

C. — **Conditions topographiques.** — Les stations colonisées par cette végétation ne semblent liées à aucune condition topographique particulière, bien que GUINOCHET ait écrit que le groupement se localisait sur les collines, ondulations et buttes-témoins.

D. — **Conditions édaphiques.** — GUINOCHET admet que le groupement est lié aux substratum durs peu ou pas sablonneux, parfois gypseux, ce qui est vrai pour une des sous-associations. Car le facteur déterminant est l'action anthropozoiique; il s'agit d'une association rudérale liée à la proximité des villages, des puits, reposoirs à bétail, etc...

On notera, en effet, que les deux espèces qui donnent sa physionomie à l'association sont des plantes inalibiles. L'association peut donc se développer sur des sables profonds ainsi que nous l'avons constaté à Douz et à Bir Aouine.

E. — **Conditions humaines et animales.** — L'association est conditionnée par la présence continue de l'homme et des animaux; elle est donc extrêmement dégradée.

II. — La végétation

A. — **Physionomie — Structure**

C'est un groupement steppique très ouvert où la couverture végétale dépasse rarement 10 % de la surface du sol.

B. — Diagnose

a) groupe des espèces inalibiles

V² *Oudneya africana* ssp. *africana*

IV¹ *Euphorbia Guyoniana* (57)

b) groupe écologique lié au climat saharien

Echium trigorrhizum
Plantago albicans ssp. *lanuginosa*
Anabasis articulata ssp. *articulata*
Centaurea furfuracea

Savignya parviflora ssp. *longistyla*
Erucaria uncata ssp. *aegeoceras*
Moltkia ciliata
Picris coronopifolia ssp. *saharae*

c) groupe écologique d'espèces psammophiles xérophiles

I⁺ *Helianthemum Lippii* var. *sessiliflorum*
I⁺ *Echiochilon fruticosum*
I⁺ *Rhantherium suaveolens*

I⁺ *Asphodelus refractus*
I⁺ *Echium pycnanthum* ssp. *humile*
I⁺ *Aristida plumosa* ssp. *lanuginosa*
I⁺ *Plantago albicans* ssp. *albicans*

d) groupe écologique des croûtes

Atractylis serratuloides
Gymnocarpus decander

Herniaria Fontanesii
Helianthemum Kahircum
Anthyllis Henoniana

e) groupe écologique gypsophile

Astragalus armatus ssp. *tragacanthoides*
Anarrhinum brevifolium
Erodium glaucophyllum
Frankenia thymifolia
Aeluropus litoralis

(Ch.) *Traganum nudatum*
Pituranthos chloranthus ssp. *Cossonianus*
Reaumuria vermiculata
Lygeum spartum
(Ch.) *Limoniastrum Guyonianum* (58)

f) groupe écologique psammophile des sables profonds

Retama raetam

Arthrophytum Schmittianum
var. *Schmittianum*

C. — Biologie

Thérophytes	47,5 %
Chaméphytes	38,0 %
Hémicryptophytes	11,8 %
Géophytes	2,7 %

D. — Dynamisme

On peut seulement dire que la végétation est très dégradée.

E. — Discussion — Interprétation

On peut distinguer 3 sous-associations :

- n° 1. — La sous-association typique (GUINOCHET) à *Astragalus armatus* définie par les groupes a-b-c-d-e; elle est liée à un encroûtement superficiel (Douz).
- n° 2. — La sous-association à *Anthyllis Henoniana* définie par les groupes a-b-c-d et liée à un substrat dur, calcaire ou à une croûte calcaire (Bir Aouine, Djeneien).
- n° 3. — La sous-association à *Arthrophytum Schmittianum* définie par les groupes a-b-c-f et liée aux sables profonds (Douz, Bir Aouine).

(57) Cette espèce a, dans cette association, un comportement écologique différent de son comportement habituel; en dehors de cette association elle est liée au sable. Nous pensons que sa présence dans cette association est due au fait qu'elle est une des rares plantes respectées par le bétail, de même *Oudneya africana*; c'est pourquoi nous la plaçons ici dans les espèces inalibiles.

(58) Il y a lieu de remarquer que, comme *Traganum nudatum*, *Limoniastrum Guyonianum* n'est phréatophile que lorsqu'il est à l'état de nanophanérophyte; à l'état de chaméphyte (vitalité réduite), c'est un gypsophyte.

III. — Utilisation

C'est un groupement très fragmentaire ainsi que l'a écrit GUINOCHET. Il n'occupe que des surfaces insignifiantes et ne représente donc aucun intérêt pratique.

422. — LES GROUPEMENTS DE L'ÉTAGE MÉDITERRANÉEN SAHARIEN INFÉRIEUR

422-1. — Groupements des Ergs

Groupement 34. — Association à *Aristida pungens* et *Genista saharae*

I. — Le milieu

A. — *Aire géographique.* — Cette association a été étudiée à l'Ouest de Djeneien dans l'Erg Djeneien et en bordure du Grand Erg Oriental au Sud de Bir Aouine.

B. — *Conditions climatiques.* — Ces régions sont à la limite des climats méditerranéens sahariens supérieur et inférieur. P # 50 mm; Q # 5; m # 3.

C. — *Conditions topographiques.* — Ce groupement se développe dans les grandes dunes, en toute position topographique, sauf dans les espaces interdunaires.

D. — *Conditions édaphiques.* — Il s'agit de sables de granulométrie comprise entre 50 et 500 μ , siliceux. Il semble que le groupement soit lié à une profondeur relativement faible du squelette rocheux emprisonné par les dunes.

E. — *Conditions humaines et animales.* — Dans son état actuel cette végétation ne semble pas influencée par l'action de l'homme ni des animaux.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

C'est un groupement extrêmement ouvert; le terme d'association est ici discutable car il n'est pas certain que la concurrence vitale puisse jouer. Il semble que la sélection de la végétation se fasse uniquement par le milieu. Individus végétaux sont parfois séparés les uns des autres de plusieurs centaines de mètres.

TABLEAU 34

ASSOCIATION A ARISTIDA PUNGENS ET GENISTA SAHARAEE

FORMES BIOLOGIQUES	Nos des relevés	1	2	3	4	5	6	7	P.	C.P.
	Altitude en m	200	250	200	200	200	250	200		
	Couverture du sol %	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
	Hauteur de la végétation en cm	200	150	200	120	100	170	150		
	Surface des relevés en ha	1	2	1	0,5	1	1	1		
Nph	<i>Genista saharae</i>	++	++	++	++	++	++	++	7	V
G	<i>Aristida pungens</i>	++	++	++	++	++	++	++	7	V
Hc	<i>Astragalus gombiformis</i>			++					1	I

B. — *Diagnose*

Il n'y a que 3 espèces : *Genista saharae* (commun); *Aristida pungens* (commun); *Astragalus gombiformis* (très rare).

C. — *Biologie*

- 1 Nanophanérophyte
- 1 Géophyte
- 1 Hémicryptophyte

D. — *Dynamisme*

Nous pensons, sans pouvoir le prouver, que cette végétation peut dériver d'un groupement à *Calligonum*. La pseudo-sylve à *Calligonum* semble, en effet, climacique dans cette partie de l'Erg.

III. — *Utilisation*

Aucune.

Groupement 35. — Association à *Ephedra alata* ssp. *alenda* et *Cornulaca monacantha*

I. — *Le milieu*

A. — *Aire géographique*. — Ce groupement a été étudié dans l'extrême Sud : entre Bir-Alapetite et Fort Saint; plus exactement dans la portion de l'Erg comprise entre Garaet Tebourt et Bir Pistor. Il semble couvrir d'importantes surfaces dans la partie Sud du Grand Erg oriental.

B. — *Conditions climatiques*. — Cette région se situe dans le climat méditerranéen saharien inférieur : P # 35; Q # 5; m # 4.

C. — *Conditions topographiques*. — Le groupement se rencontre en toute position topographique, excepté les dunes vives et les Oghourds. Il occupe généralement les nappes de sables et les couloirs interdunaires sableux : les « Feidj ».

D. — *Conditions édaphiques*. — C'est un groupement des sables grossiers à très grossiers où la principale fraction granulométrique est représentée par des sables siliceux dont le diamètre des particules se situe entre 500 et 2 000 μ . L'épaisseur du sable est variable : 50 cm à plusieurs mètres. C'est un reg sableux où, par conséquent, les actions de déflation dominent celles d'accumulation.

E. — *Conditions humaines et animales*. — C'est un pâturage d'été clairsemé.

II. — *La végétation*

A. — *Physionomie — Structure*

C'est une pseudo-steppe très ouverte à nanophanérophytes; les individus végétaux sont distants d'environ 20 à 50 m les uns des autres.

B. — *Diagnose*

Trois espèces :

- Ephedra alata* ssp. *alenda*
- Cornulaca monacantha*
- Aristida pungens*

TABLEAU 35

ASSOCIATION A EPHEDRA ALATA, SSP. ALENDA ET CORNULACA MONACANTHA

Nos des relevés floristiques		1	2	3	4	5	6	P.	C.P.
FORMES BIOLOGIQUES	Altitude en m	380	350	360	370	350	350		
	Couverture du sol %	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
	Hauteur de la végétation en cm	150	130	100	120	120	110		
	Surface des relevés en m ²	10000	10000	10000	10000	10000	10000		
<u>Noyau d'espèces caractéristique de l'association :</u>									
Nph	<i>Ephedra alata</i>								
	ssp <i>alenda</i>	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	6	V
Nph, { Ch	<i>Cornulaca monacantha</i>	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	1+1	6	V
G	<i>Aristida pungens</i>	1+2	1+2	1+1	++1	1+2	1+1	6	V

C. — Biologie

2 nanophanérophytes

1 géophyte

Ephedra alata et *Cornulaca monacantha* peuvent exister également à l'état de chaméphytes.**D. — Dynamisme**Cette végétation dérive peut-être par dégradation d'un groupement à *Calligonum*.**E. — Discussion — Interprétation**

Ephedra alata ssp. *alenda* et *Cornulaca monacantha* sont strictement liés aux sables grossiers à très grossiers, même dans l'étage saharien supérieur. Ces espèces présentent un enracinement latéral extrêmement puissant pouvant s'étendre à plusieurs dizaines de mètres. Il y a donc concurrence vitale, et l'on peut parler d'association *sensu stricto*.

III. — Utilisation

C'est un pâturage d'été pour dromadaires.

Groupement 36. — Association à *Helianthemum confertum* var. *brachypodum* et *Calligonum comosum*

I. — Le milieu

A. — **Aire du groupement.** — Cette association a été étudiée à l'Ouest de Bir Aouine, dans l'Erg Djeneien, dans l'Erg Merazigue, au Remel Krechem el Haouia entre Bir Zar et Mechiguig, tout le long de l'Erg de M'chiguig à Ksar Rhilane et en Libye à Sinaouen, Bir Alleg, etc...

B. — **Conditions climatiques.** — C'est principalement un groupement du climat saharien inférieur; mais il empiète sur les régions situées dans le climat saharien supérieur. $20 < P < 70$; $3 < Q < 6$; $2 < m < 5$.

C. — **Conditions topographiques.** — L'existence de ce groupement ne semble liée à aucun caractère particulier de la topographie générale: il peut occuper des plateaux, des plaines ou des « Gassi » (couloirs à fond rocheux) interdunaires dans le grand Erg.

D. — **Conditions édaphiques.** — Ce groupement est strictement inféodé aux « champs de Barkhanes ». Celles-ci reposent sur un substrat dur: Reg ou Hamada.

Les barkhanes couvrent 40 à 80 % de la surface du sol. Elles sont de petite taille: 1 à 3 m de haut et sont de ce fait très mobiles.

Voici une analyse des sables de ces barkhanes en provenance de l'Erg Djeneien (à l'Est du Bordj). — Coordonnées: $35^{\circ} 25' 95''$ $\times$ $8^{\circ} 65' 20''$.

Profil 31

Granulométrie :	500 à 2 000 μ	0 %
	200 à 500 μ	5 %
	100 à 200 μ	30 %
	50 à 100 μ	61 %
	20 à 50 μ	4 %
	moins de 20 μ	0 %

Humidité équivalente : 3,5 %; capacité d'échange : 2,5 milliéqu. %; CO_3Ca total : 2,1 %; CO_3Ca actif : 0; Cl^- : 0,05 ‰; SO_4^{--} : 0,3 %; pH : 7,8.

E. — **Conditions humaines et animales.** — C'est un assez bon pâturage saharien, fréquenté surtout pendant l'été.

II. — La végétation

A. — Physionomie — Structure

C'est une pseudo-steppe à nanophanérophytes, où la couverture végétale ne dépasse guère 1 % de la surface du sol. Les espèces annuelles sont rares, comme dans tous les sables mobiles.

B. — Diagnose

a) groupe d'espèces liées aux barkhanes

V² *Helianthemum confertum* ssp. *brachypodum* III¹ *Helianthemum crassifolium* ssp. *djeneiense*

b) psammophytes sahariens des sables plus ou moins mouvants

V² *Aristida pungens*

IV² *Arthrophytum Schmittianum*

V² *Retama raetam*

var. *Schmittianum*

V¹ *Calligonum comosum*

II² *Euphorbia Guyoniana*

I¹ *Moltkia ciliata*

c) groupe éco-climatique d'espèces sahariennes

I¹ *Savignya parviflora* ssp. *longistyla*

I¹ *Monsonia heliotropioides* ssp. *nivea*

d) groupe lié au substrat dur

I¹ *Anthyllis Henoniana*

I¹ *Salsola vermiculata* var. *spinosa*

I¹ *Gymnocarpus decander*

e) groupe d'espèces xérophiles

Rhantherium suaveolens

TABLEAU 36

ASSOCIATION A *HELIANTHEMUM BRACHYPODUM* ET *CALLIGONUM COMOSUM*

Nos des relevés floristiques	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	P.	C.P.
FORMES BIOLOGIQUES												
Altitude en m	320	330	310	340	280	270	410	350	390	245		
Couverture du sol %	0,1	0,1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,3	0,5	0,5		
Hauteur de la végétation en cm	150	200	150	200	300	250	200	150	200	150		
Surface des relevés en m ²	6000	10000	10000	10000	10000	8000	10000	5000	10000	10000		
<u>Noyau d'espèces caractéristique de l'association :</u>												
Nph <i>Helianthemum brachypodum</i>	311	311	311	311	311	311	211	211	321	321	10	V
Nph <i>Calligonum comosum</i>	++1	++1	++1	111	++1	111	111	111	211	211	10	V
G <i>Aristida pungens</i>	212	212	212	212	212	112	111	212	312	212	10	V
Nph <i>Retama raetam</i>	111	211	211	211	211	111	111	1+1	++1		9	V
Nph <i>Haloxylon salicornicum</i>			++1	211	1+1	111	111	211	++1	211	8	IV
<u>Compagnes</u>												
Ch <i>Euphorbia Guyoniana</i>								111	1+1	211	3	II
T <i>Savignya parviflora</i>												
ssp <i>longistyla</i>	++1									111	2	I
Ch <i>Rhantherium suaveolens</i>										211	1	I
Ch, T <i>Moltkia callosa</i>										321	1	I
T <i>Monsonia nivea</i>		++1									1	I
Ch <i>Salsola vermiculata</i>												
var. <i>brevifolia</i>									1+1		1	I
Ch <i>Anthyllis Henoniana</i>					++1							

C. — *Biologie*

Chaméphytes	38,6 %
Nanophanérophytes	30,7 %
Thérophytes	23,0 %
Géophytes	7,7 %

D. — *Dynamisme*

Cette végétation est avant tout adaptée aux alternances de dénudation et d'ensablement, et présente une écomorphose curieuse : toutes les plantes sont développées en hauteur. *Helianthemum brachypodum* atteint 1 m 50 et même parfois 2 m; *Helianthemum crassifolium* ssp. *djeneiense* atteint 80 cm; *Retama raetam*, *Arthrophytum Schmittianum* ont également un port très dressé et très peu ramifié. Ces plantes se sont adaptées à l'ensablement.

E. — *Discussion — Interprétation*

Le groupe *a* est strictement lié aux « champs » de barkhanes. Les espèces du groupe *b* sont des nanophanérophytes psammophiles qui atteignent 2 m de haut et ont un port très dressé avec des rameaux serrés le long du tronc. Le groupe *c* des thérophytes sahariens est très pauvre : la mobilité du sable empêche la germination des espèces annuelles. Le groupe *d* est mal représenté, car les espèces du groupe écologique des sols squelettiques tolèrent peu l'ensablement.

III. — *Utilisation*

Les bergers sahariens réservent généralement ces zones pour le pacage estival. Au printemps d'autres zones se couvrent d'annuelles (« l'Aacheb ») fort appréciées du bétail et qui font défaut ici. En été, au contraire, l'acheb a disparu et seules les plantes vivaces des ergs et des sebkhas restent vertes; les troupeaux les visitent donc à cette époque de l'année.

422-2. — *Groupements des Regs sableux*

**Groupe 37. — Association à *Traganum nudatum* var. *microphyllum*,
Salsola Sieberi var. *zygophylla* et *Aanabasis articulata* var. *ascendens***

I. — *Le milieu*

A. — *Aire géographique.* — Cette association se développe au Sud de Djeneien jusqu'à Bir Alapetite et en Libye méridionale.

B. — *Conditions climatiques.* — Ces régions sont soumises au climat méditerranéen saharien inférieur : $30 < P < 60$; $4 < Q < 6$; $2 < m < 5$.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement des dépressions et des basses plaines alluviales occupées par des regs sableux à *Fech-Fech*.

D. — *Conditions édaphiques.* — Il s'agit de sols de reg d'un type particulier : le Fech-Fech formé de calcaire ou de gypse pulvérulent à structure vacuolaire, spongieuse.

Cette formation pulvérulente contient du sable et des graviers; elle est protégée en surface par un lit de graviers et de sable très grossier cimentés en une mince pellicule. Un sol de ce type a été étudié au chapitre consacré aux sols (cf. regs pulvérulents, p. 290).

E. — *Conditions humaines et animales.* — Cette végétation constitue un éphémère pâturage d'hiver et de printemps.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

C'est un groupement steppique où la couverture végétale peut varier de 5 à 30 % de la surface du sol. On distingue une strate 0-20 formée de thérophytes et hémicryptophytes assurant 40 à 80 % de la couverture végétale et une strate 15-20 formée de chaméphytes qui fournissent 20 à 50 % de la couverture végétale.

B. — *Diagnose*

a) groupe écologique des regs pulvérulents

V³ *Traganum nudatum* var. *microphyllum*

V² *Anabasis articulata* var. *ascendens*

V¹ *Salsola Sieberi* var. *Zygophylla*

b) groupe éco-climatique de l'étage saharien

V³ *Plantago ciliata*

V³ *Savignya parviflora* ssp. *longistyla*

V³ *Helianthemum Lippii* var. *velutinum*

IV² *Monsonia heliotropioides* ssp. *nivea*

III² *Bubonium graveolens* (ripicole)

II¹ *Aristida plumosa* ssp. *lanuginosa*

II⁺ *Fagonia microphylla* var. *decumbens*

I² *Ormenis lonadioides* (sah. inf.)

I¹ *Eremobium aegyptiacum* ssp. *longisiliquum*

I¹ *Stephanochilus omphalodes*

I⁺ *Helianthemum gaetulum* (sah. inf.)

TABLEAU 37

ASSOCIATION A TRAGANUM NUDATUM, ANABASIS ARTICULATA VAR. ASCENDENS ET SALSOLA ZYGOPHYLLA

Nos des relevés floristiques		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	P.	C.P.
FORMES BIOLOGIQUES	Altitude en m	340	355	360	420	380	375	395	330	415	340	365		
	Couverture du sol %	20	30	25	40	30	30	35	25	10	35	25		
	Hauteur de la végétation en cm	30	40	30	30	35	30	40	35	30	30	40		
	Surface des relevés en m ²	10000	5000	8000	10000	10000	10000	10000	5000	10000	10000	10000		
<u>Noyau d'espèces caractéristiques de l'association :</u>														
Ch	<i>Traganum nudatum</i> , <i>microphyllum</i>	211	311	311	311	321	311	321	321	321	421	211	11	V
Ch	<i>Anabasis ascendens</i>	211	211	211	211	211	111	211	211	211	321	321	11	V
Ch	<i>Salsola zygophylla</i>	++1	++1	211	211	211	211	111		111		++1	9	V
T	<i>Plantago ciliata</i>	2+1	2+0	311	1+1		1+1	2+1	2+1	3+1	421	1+1	10	V
T	<i>Savignya parviflora</i> ssp. <i>longistyla</i>	111			1+1	2+1	1+1		311	311	411	411	8	IV
T	<i>Monsonia nivea</i>	311	++1	++1				1+1	2+1	2+1	3+1	1+1	8	IV
T	<i>Bubonium graveolens</i>		2+1	2+1				1+1	++1	2+1			5	III
Hc	<i>Fagonia microphylla</i>			++1					++1	++1			3	II
<u>Compagnes :</u>														
T, Ch	<i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>sessiliflorum</i>	321	2+1	1+1	111		211	321	321	211	321	421	10	V
Ch	<i>Atractylis serratuloides</i>		++1	1+1	211	211	211	1+1		1+1		++1	8	IV
Ch, T	<i>Helianthemum kahiricum</i>	++1			211	211	211	111		211	111		7	IV
Ch	<i>Salsola vermiculata</i> var. <i>brevifolia</i>				1+1	211	211	211	211		211		6	III
G	<i>Allium roseum</i> var. <i>odoratissimum</i>					++1			++1	1+1	111		4	II
Hc, T	<i>Aristida plumosa</i> ssp. <i>lanuginosa</i>									1+1				
	var. <i>syrtica</i>		2+1						211	1+1		1+1	4	II
Hc, T	<i>Aristida plumosa</i> ssp. <i>eu-plumosa</i>													
	var. <i>floccosa</i>	112								1+1	211	1+1	4	II
T	<i>Matthiola Kralickii</i>	211								1+1	2+1	1+1	4	II
T	<i>Launaea resedifolia</i>			++1					++1	++1			3	II
Ch	<i>Gymnocarpus decander</i>									++1	1+1		2	I
Ch	<i>Haloxylon salicornicum</i>								211		111		2	I
Ch	<i>Haloxylon articulatum</i>	211										211	2	I
Ch	<i>Herniaria fruticosa</i>							++1		211			2	I
T	<i>Malcolmia aegyptiaca</i>	2+1										1+1	2	I
Par.	<i>Phoslipea violacea</i> / <i>Traganum</i>								215				1	I

c) groupe lié au climat saharien supérieur, différentiel de variante

Arthrophytum scoparium var. *scoparium*

Anabasis articulata var. *articulata*

d) groupe écologique des sols squelettiques ou à croûte

Gymnocarpus decander
Herniaria Fontanesii

Helianthemum Kahiricum
Atractylis serratuloides

e) groupe d'espèces xérophiles plus ou moins psammophiles

Allium roseum var. *odoratissimum*
Launaea resedifolia ssp. *resedifolia*

Salsola vermiculata var. *brevifolia*
Aristida plumosa ssp. *eu-plumosa*
Matthiola longipetala ssp. *Kralickii*

C. — **Biologie**

Thérophytes	40,7 %
Chaméphytes	40,7 %
Hémicryptophytes	11,2 %
Géophytes	3,7 %
Parasites	3,7 %

D. — **Dynamisme**

La végétation primitive est très certainement steppique.

E. — **Discussion — Interprétation**

Il y a lieu de distinguer l'association type de la variante à *Arthrophytum scoparium*.

n° 1. — L'association type se définit par les groupes a-b-(d)-(e); elle correspond à un climat plus xérique; elle ne se rencontre qu'au Sud de Bir Zar.

n° 2. — La variante à *Arthrophytum scoparium* var. *scoparium* se définit par les groupes (a)-b-c-d-e. Elle correspond à un climat moins rigoureux et se rencontre entre Djeneien et Bir Zar. Cette variante assure la transition vers l'association à *Arthrophytum Schmitianum* et *Arthrophytum scoparium* des regs sableux de l'étage saharien supérieur. Il y aura probablement lieu de distinguer ultérieurement une sous-association typique a-b-e, localisée sur les regs allochtones profonds d'une sous-association a-b-d-e, sur regs plus superficiels; avec les mêmes variations dans la variante à *Arthrophytum scoparium*. Le nombre de relevés dont nous disposons ne nous permet pas de le prouver, mais l'existence de ces sous-associations et sous-variantes nous paraît hautement probable.

Ecogramme

III. — **Utilisation**

Ce groupement est utilisé principalement comme pâturage de printemps par suite de sa richesse relative en thérophytes (*aacheb*).

422-3. — Groupements des sols à encroûtement gypseux de transport

Groupement 38. — Association à *Oudneya africana* ssp. *Zygarrhena* et *Anarrhinum brevifolium*

I. — **Le milieu**

A. — *Aire de l'association*. — Ce groupement a été étudié dans les régions de Djeneien, Bir Zar, M'chiguig et Rhadamès.

B. — *Conditions climatiques.* — Ces régions sont soumises au climat méditerranéen saharien inférieur : $30 < P < 60$; $4 < Q < 6$; $2 < m < 5$.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement des bas-fonds qui voient s'accumuler les eaux de ruissellement après des précipitations importantes.

D. — *Conditions édaphiques.* — Ce groupement est lié à des encroûtements gypseux. Ces encroûtements sont d'un type spécial, jamais décrit jusqu'à ce jour, à notre connaissance. Il s'agit, en effet, d'un encroûtement de transport, formé par dépôt du gypse après évaporation des eaux de ruissellement qui le tenaient en solution ou en suspension.

Ces zones sont, en effet, entourées de regs sableux pulvérulents riches en gypse pulvérulent; ce gypse transporté en solution et en suspension s'accumule dans les zones basses avec les eaux de ruissellement. Celles-ci s'évaporent laissant en place une accumulation de gypse pulvérulent qui cimente des débris clastiques formant ainsi un encroûtement de nature gréseuse, riche en sable, à structure caverneuse comparable aux dépôts lagunaires. L'encroûtement lui-même est assez dur, souvent vibrant, toujours superficiel. La corrosion intense dans ces régions attaque la partie superficielle, emportant les éléments les plus friables, ce qui donne un aspect déchiqueté en surface. A quelques centimètres de la surface l'encroûtement dur cède la place à une formation pulvérulente qui repose elle-même sur des alluvions sablonneuses anciennes.

E. — *Conditions humaines et animales.* — Le groupement constitue un très médiocre pâturage d'hiver et de printemps.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

L'aspect est celui d'une steppe à chaméphytes, très ouverte, où la couverture végétale atteint 10 à 20 % de la surface du sol. On y distingue deux strates : une strate 0-20 cm formée de thérophytes et hémicryptophytes et une strate 15-20 cm formée de chaméphytes.

B. — *Diagnose*

a) groupe écologique des gypsophytes

V ² <i>Oudneya africana</i> ssp. <i>Zygarrhena</i> (saharien)	I ¹ <i>Traganum nudatum</i> var. <i>microphyllum</i>
V ² <i>Anarrhinum brevifolium</i>	I ¹ <i>Launaea angustifolia</i> ssp. <i>angustifolia</i>
V ² <i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>intricatum</i>	I ⁺ <i>Launaea angustifolia</i> ssp. <i>squarrosa</i>
I ² <i>Erodium glaucophyllum</i>	(sah. inf.)

b) groupe écologique des croûtes et sols squelettiques

V ² <i>Anabasis articulata</i> var. <i>articulata</i>	IV ² <i>Helianthemum Kahiricum</i>
V ² <i>Gymnocarpos decander</i>	I ² <i>Atractylis serratuloides</i>
IV ² <i>Anthyllis sericea</i> var. <i>Henoniana</i>	I ¹ <i>Fagonia microphylla</i> ssp. <i>fruticans</i>
	I ⁺ <i>Erodium arborescens</i>

c) groupe éco-climatique de l'étage saharien

II ⁺ <i>Savignya parviflora</i> ssp. <i>longistyla</i>	I ¹ <i>Launaea resedifolia</i> ssp. <i>Cassiniana</i>
I ¹ <i>Eremobium aegyptiacum</i> ssp. <i>longisiliquum</i>	(sah. inf.)
I ¹ <i>Matthiola longipetala</i> ssp. <i>livida</i> (sah. inf.)	I ¹ <i>Monsonia nivea</i> (gypsophile ?)
I ¹ <i>Picris coronopifolia</i> ssp. <i>saharae</i>	I ¹ <i>Orobancha aegyptiaca</i> var. <i>lanuginosa</i>
I ¹ <i>Echium trigorrhizum</i>	I ¹ <i>Fagonia microphylla</i> ssp. <i>decumbens</i>
I ¹ <i>Plantago ciliata</i>	I ¹ <i>Fagonia latifolia</i>
	I ¹ <i>Aristida plumosa</i> ssp. <i>lanuginosa</i>

d) groupe écologique d'espèces xérophi les

V² *Arthrophytum Schmittianum* var. *prostratum*
 II¹ *Rhantherium suaveolens*
 I¹ *Farsetia aegyptiaca*
 I¹ *Carduncellus eriocephalus*

I¹ *Artemisia herba alba*
 I¹ *Rumex vesicarius* ssp. *vesicarius*
 I¹ *Helianthemum ellipticum*
 I¹ *Argyrolobium uniflorum*

TABLEAU 38

ASSOCIATION A OUDNEYA ZYGARRHENA ET ANARRHINUM BREVIFOLIUM

Nos des relevés floristiques		1	2	3	4	5	6	7	P.	C.P.
Formes biologiques	Altitude en m	275	260	280	275	265	350	375		
	Couverture du sol %	20	20	15	20	10	10	15		
	Hauteur de la végétation en cm	30	30	35	30	40	30	30		
	Surface des relevés en m ²	6000	8000	10000	8000	10000	10000	10000		
<u>Noyau d'espèces caractéristique de l'association :</u>										
Ch	<i>Oudneya zygarrhena</i>	211	211	211	211	211	311	1+1	7	V
Ch	<i>Anarrhinum brevifolium</i>	211	211	211	211	211	311	321	7	V
Ch	<i>Helianthemum Lippii</i> var. <i>intricatum</i>	211	211	211	211	211	211	211	7	V
<u>Groupe écologique des croûtes :</u>										
Ch	<i>Gymnocarpos decander</i>	211	211	211	211	211		111	6	V
Ch	<i>Anthyllis sericea</i> var. <i>Henoniana</i>	211	211	211	211	211			5	IV
Ch, T	<i>Helianthemum Kahiricum</i>	311	211	211	211	211			5	IV
Ch	<i>Atractylis serratuloides</i>						211		1	I
Hc	<i>Erodium guttatum</i>			++1					1	I
<u>Compagnes</u>										
Ch	<i>Haloxylon salicornicum</i>	111	211	211	211	1+1	211	211	7	V
Ch	<i>Rhantherium suaveolens</i>	++1			111				2	II
T	<i>Savignya parviflora</i> ssp <i>longistyla</i>					++1		++1	2	II
T	<i>Monsonia nivea</i>	2+1						2+1	2	II
Ch	<i>Salsola tetragona</i>							++1	1	I
Ch	<i>Traganum nudatum</i>	111							1	I
T	<i>Malcolmia aegyptiaca</i>							++1	1	I
Ch	<i>Artemisia herba alba</i>				211				1	I
T	<i>Aristida plumosa</i> ssp <i>lanuginosa</i> var. <i>syrtica</i>						211		1	I
Hc	<i>Erodium glaucophyllum</i>			211					1	I

C. — *Biologie*

Chaméphytes 63,2 %
 Thérophytes 26,4 %
 Hémicryptophytes 7,3 %
 Parasites 3,1 %

D. — *Dynamisme*

Il y a quelques raisons de penser que cette végétation dérive d'une Tamaricaie, car nous avons trouvé des *Tamarix* dans des stations analogues sous le même climat.

E. — *Discussion — Interprétation*

Cette association est l'homologue dans le climat saharien inférieur de l'association à *Traganum nudatum* et *Anabasis articulata* de l'étage saharien supérieur et à l'association à *Anarrhinum brevifolium* et *Zygophyllum album* de l'étage aride inférieur. L'association est définie par les 3 groupes a-b-c-d. Le groupe d est d'ailleurs fragmentaire, les espèces qui le constituent sont rares et peu fidèles.

III. — *Utilisation*

C'est un pâturage très médiocre de printemps et d'hiver.

422-4. — Groupements phréatophiles-gypsophiles

Groupement 39. — Association à *Limoniastrum Guyonianum*, *Salsola tetragona* et *Zygophyllum album* ssp. *Geslini*

I. — Le milieu

A. — *Aire du groupement.* — Cette association a été étudiée dans les régions de Bir Zar, M'chiguig, Fort Saint et Rhadamès.

B. — *Conditions climatiques.* — Ces régions sont soumises au climat méditerranéen saharien inférieur : $30 < P < 50$; $4 < Q < 5$; $2 < m < 5$.

C. — *Conditions topographiques.* — C'est un groupement des zones basses alluviales, fermées, péri-sebkhaïques.

D. — *Conditions édaphiques.* — Cette végétation est liée à la présence d'une nappe phréatique plus ou moins profonde, surmontée d'horizons sablonneux où se développe une croûte gypseuse plus ou moins superficielle, elle-même recouverte de sables.

En voici un profil étudié dans la région de Rhadamès en avril 1958. — Coordonnées : $30^{\circ} 11' 40'' \times 10^{\circ} 0' 20''$.

Profil 32

- 0-40 — Sable fin gypseux à gypse pulvérulent, sec.
- 40-100 — Sable fin très gypseux; encroûté; humide.
- 110-120 — Limon sableux très humide, peu gypseux.
- 120-200 — Sable fin gypseux très humide.
- 200-220 — Sable fin peu limoneux, peu gypseux, gorgé d'eau, traînées jaunes et gris verdâtre.

Interprétation : Sol hydromorphe à encroûtement gypseux de nappe.

E. — *Conditions humaines et animales.* — Cette végétation est fortement influencée par l'homme qui en exploite les végétaux ligneux pour les usages domestiques.

II. — La végétation

A. — *Physionomie — Structure*

C'est une pseudo-steppe à Nanophanérophytes. *Limoniastrum Guyonianum* y est souvent dominant; il forme généralement des Nebkas; entre les Nebkas se développe une pseudo-steppe à nanophanérophytes qui se constituent parfois eux-mêmes en Nebkas tels *Zygophyllum Geslini*.

B. — *Diagnose*

a) groupe écologique d'espèces phréatophiles, gypsophiles et haloclines

<i>Limoniastrum Guyonianum</i>	<i>Suaeda mollis</i>
<i>Zygophyllum album</i> ssp. <i>Geslini</i>	<i>Tamarix pauciovulata</i>
<i>Traganum nudatum</i> var. <i>obtusatum</i>	<i>Nitraria retusa</i>
<i>Salsola tetragona</i>	<i>Phoenix dactylifera</i>

b) groupe écologique des nanophanérophytes psammophiles

<i>Calligonum comosum</i>	<i>Arthrophytum Schmittianum</i>
<i>Retama raetam</i>	var. <i>Schmittianum</i>

c) groupe écologique des croûtes

Anabasis articulata var. *articulata*
Herniaria fruticosa

Helianthemum Kahiricum
Limonium pruinatum ssp. *eu-pruinatum*
Gymnocarpus decander

d) groupe écologique halophile

Arthrocnemum glaucum
Atriplex glauca
Atriplex mollis

Suaeda fruticosa
Cressa cretica
Aeluropus litoralis var. *intermedius*

e) groupe éco-climatique de l'étage méditerranéen saharien inférieur

Diploaxis acris ssp. *sahariensis*
var. *Duveyrierana*
Randonia africana
Launaea angustifolia ssp. *squarrosa*

Ammosperma variabile
Anvillea radiata ssp. *australis*
Linaria aegyptiaca ssp. *glutinosa*
Trichodesma africanum

f) groupe éco-climatique de l'étage méditerranéen saharien (s.l.)

Savignya parviflora ssp. *longistyla*
Brocchia cinerea
Picris coronopifolia ssp. *saharae*

Plantago ciliata
Launaea glomerata
Echium trigorrhizum
Astragalus gyzensis

C. — **Biologie**

Chaméphytes	41,2 %
Thérophytes	29,4 %
Nanophanéophytes	17,6 %
Hémicryptophytes	8,9 %
Phanéophytes	2,9 %

D. — **Dynamisme**

Ce groupement dérive d'une Tamarix primitive à *Tamarix pauciovulata*, *Tamarix Boveana* et *Tamarix Balansae*. Nous avons, en effet, trouvé ces Tamarix dans la Tripolitaine méridionale : Derj, Ben Nasr.

E. — **Discussion — Interprétation**

- n° 1. — L'association type se définit par les groupes a-b-e-f; elle est liée à un ensablement assez profond et à l'absence d'encroûtement superficiel.
- n° 2. — La sous-association à *Anabasis articulata* var. *articulata* se définit par les groupes (a)-c-e-f; elle est liée à la présence, en surface, d'un encroûtement gypseux et passe progressivement à l'association 38, lorsque la nappe devient très profonde.
- n° 3. — La sous-association à *Arthrocnemum glaucum* se définit par les groupes a-(b)-d-e-f; elle est liée à une plus forte salure du substrat et de la nappe.

III. — **Utilisation**

Les végétaux ligneux de ce groupement sont avidement recherchés par les nomades. Cette végétation offre toujours quelques plantes vertes au cœur des périodes les plus sèches; elle est donc précieuse lors des sécheresses exceptionnellement prolongées.

422-5. — **Groupements extrazonaux des zones d'épandage et des dayas**

Ces groupements se rencontrent aussi bien dans l'étage méditerranéen saharien supérieur qu'inférieur; ils sont liés à la topographie et au sol, plus qu'aux nuances climatiques et résultent avant tout d'apports d'eaux importants créant des nappes temporaires ou permanentes.

Les Tamarigaies

Il n'y a pas d'associations à *Tamarix*. Les *Tamarix* peuvent se surimposer à un certain nombre d'associations. Cependant on trouve aussi bien en Tunisie méridionale qu'en Tripolitaine des peuplements à *Tamarix* dans certains cônes d'épandages d'oueds ou certaines dépressions à grands impluvia.

La Tamarigaie semble climacique dans beaucoup de groupements végétaux liés à la topographie et à la présence de nappes : il y a donc lieu d'en étudier les peuplements purs.

Les Tamarigaies peuvent se diviser en deux groupes : celles qui se trouvent sur sols salés et sur sols non salés.

Groupement 40. — Les Tamarigaies non halophiles

Nous avons pu étudier six peuplements : l'oued Tarfa (Tunisie), Bir Soltane (Tunisie), Ksar Rhilane (Tunisie), Ben Nasr (Libye), Bir Alleg (Libye), Gara Aou (Libye).

I. — Le milieu

A. — *Aire géographique.* — Ces peuplements sont liés à la région saharienne; on les trouve depuis Gouifla jusqu'à Rhadamès et au-delà.

B. — *Conditions climatiques.* — Les Tamarigaies sont liées au climat saharien s.l. L'apport des eaux de ruissellement les rend relativement indépendantes des nuances climatiques.

C. — *Conditions topographiques.* — Il s'agit toujours de bas-fonds où s'étalent les crues d'oueds ou les eaux de ruissellement, parfois dans des lits d'oueds.

D. — *Conditions édaphiques.* — Les conditions de sols sont assez variables mais il s'agit toujours de sols alluviaux de texture variable et plus ou moins gypseux souvent ensablés en surface.

Voici un profil étudié dans ces zones par P. DESSUS et J. GELPE (1952-1953). Périmètre de l'oued Tarfa. — Coordonnées : 37 gr 08' 45" × 7 gr 74' 60".

Profil 33

- 0- 10 — Argile sableuse; structure feuilletée à tendance cubique; sec.
- 10- 20 — Argile marron-clair à structure feuilletée à tendance cubique; sec.
- 20-200 — Sable fin à très fin, jaune orangé; structure lâche tendant à demi-serrée; intercalations d'argiles en bandes discontinues de 1 à 5 cm d'épaisseur; racines et radicelles; sec.
- 200-220 — Limon argilo-sableux; jaune; structure nuciforme poreuse; sec; petits nodules de 1 mm de diamètre.
- 220-285 — Sable fin beige; jaunâtre rosé; structure lâche à demi-serrée; petits nodules calcaires; blocs d'argile de 2 à 3 m d'épaisseur; sec.
- 285-400 — Sable fin et limon à gypse pulvérulent et cristallisé; noirâtre à traînées rouilles; intercalations de sable fin et de poches sableuses.

Interprétation (59) : Sol alluvial à hydromorphie profonde par tirsification. C'est donc un sol à nappe probablement temporaire.

E. — *Conditions humaines et animales.* — Après les épandages des eaux de crues ces zones sont souvent ensemencées en orge.

(59) C'est nous qui interprétons.

II. — La végétation

A. — *Physionomie* — *Structure*

Cette végétation se présente souvent sous forme d'une mosaïque formée de Nebkas à *Tamarix* (nanophanérophytes) sur un fond steppique à chaméphytes. Les *Tamarix* se présentent sous la forme de nanophanérophytes souvent parce que seuls les rameaux émergent de la Nebka. Si l'on dégage la plante on s'aperçoit qu'il s'agit en réalité d'un arbre dont le tronc était masqué par le Nebka. *Calligonum comosum* et *Ziziphus lotus* édifient également des Nebkas dans ce milieu.

B. — *Diagnose*

a) groupe des nanophanérophytes

Tamarix pauciovulata
Tamarix brachystylis
Tamarix Balansae
Retama raetam
Calligonum comosum

Tamarix Boveana
Tamarix gallica ssp. *nilotica*
Arthrophytum Schmittianum
var. *Schmittianum*

b) groupe éco-climatique de l'étage saharien (s.l.)

Savignya parviflora ssp. *longistyla*
Chrysanthemum fuscum var. *trifoliatum*
Picris coronopifolia ssp. *saharae*
Oudneya africana ssp. *africana*

Astragalus sinaicus
Astragalus gyzensis
Centaurea furfuracea
Plantago ciliata
Megastoma pusillum

c) groupe éco-climatique de l'étage saharien inférieur

Matthiola longipetala ssp. *livida*
Anvillea radiata
Linaria aegyptiaca ssp. *glutinosa*
Zilla spinosa

Francoeuria crispa
Morettia canescens
Astragalus pseudotrigonus
Ammosperma variabile
Launaea resedifolia ssp. *longiloba*

d) groupe d'espèces xérophiles

Helianthemum ellipticum
Astragalus radiatus ssp. *linkianus*
Colocynthis vulgaris
Plantago albicans ssp. *albicans*
Aristida plumosa ssp. *eu-plumosa*
Ifloga spicata var. *typica*
Arnebia decumbens var. *microcalyx*
Muricaria prostrata
Fagonia glutinosa
Filago germanica ssp. *micropodioides*
Convolvulus supinus
Reseda arabica
Trigonella anguina
Matricaria pubescens

Bassia muricata
Artemisia herba alba
Linaria laxiflora
Carduncellus eriocephalus
Haplophyllum vermiculare
Trigonella anguina
Trigonella monspeliaca
Centaurea dimorpha
Medicago luciniata
Medicago minima
Asphodelus refractus
Euphorbia retusa
Sclerocaryopsis spinocarpus
Astragalus hispidulus ssp. *Kralickii*

C. — *Biologie*

Thérophytes	62,2 %
Nanophanérophytes	14,3 %
Chaméphytes	14,2 %
Hémicryptophytes	9,3 %

D. — *Dynamisme*

Ce groupement, très rare, a été beaucoup plus répandu par le passé ainsi qu'en témoignent de nombreux vestiges. Il s'agit donc d'une formation climacique relique, d'ailleurs en voie de disparition. Les possibilités de reconstitutions sont faibles, car on observe rarement des *Tamarix* jeunes; par contre, la destruction des espèces ligneuses par les nomades est très active !...

Les espèces phanérophytes et nanophanérophytes sont toutes en voie de disparition dans la zone saharienne. C'est en effet de la pression démographique qui s'accroît à un rythme rapide augmentant constamment le déséquilibre entre les possibilités de production de la végétation et la consommation.

E. — Discussion — Interprétation

Les Tamarigales de l'étage saharien supérieur comprennent les groupes *a-b-d*, tandis que celles de l'étage inférieur comprennent les groupes *a-b-c-d*.

III. — Utilisation

A. — *Actuelle*. — Les nanophanérophytes sont exploités comme bois de chauffage. Au cours des années pluvieuses, les nomades sèment de l'orge entre les Nebkas.

B. — *Potentielle*. — Ce sont des zones pédologiquement favorables à l'établissement de nouvelles palmeraies.

Groupement 41. — Les Tamarigales halophiles

Les *Tamarix* peuvent exister en peuplements dans divers groupements halophiles y compris les groupements à *Arthrocnemum* et à *Halocnemum*. Dans la région d'El Hamma du Djerid nous avons vu des peuplements denses de *Tamarix pauciovulata* et *Boveana* sur des sols contenant 10 ‰ de chlorures et présentant une conductivité de l'ordre de 70 mmhos. Les *Tamarix* les plus résistants à la salure sont *T. Boveana* et surtout *T. pauciovulata*.

422-6. — La végétation des oasis

Bien que n'ayant pas étudié systématiquement la végétation des oasis, nous pensons devoir donner ici quelques données sommaires concernant cette végétation extrêmement complexe.

Les plantes les plus typiquement représentatives de la végétation des oasis sont les suivantes :

Cynanchum acutum
Rubia tinctoria
Chenopodium murale
Portulaca oleracea
Suaeda maritima
Malva parviflora
Plantago major
Senecio vulgaris
Smyrniolum olusatrum
Cressa cretica
Hyoseris scabra
Launaea nudicaulis
Withania somnifera
Xanthium spinosum
Crepis amplexifolia
Polycarpon tetraphyllum
Lobularia libyca
Capsella bursa pastoris

Sonchus maritimus
Impomaea sagittata
Cynodon dactylon
Peganum Harmala
Inula crythmoides
Inula viscosa
Erigeron canadense
Pulicaria sicula
Hyoscyamus albus
Urtica pilulifera
Urtica urens
Marrubium vulgare
Solanum sodomaeum
Amaranthus sylvestris
Spergularia marginata ssp. *chevallieri*
Datura stramonium
Sisymbrium irio

Ces plantes sont plus ou moins cosmopolites, rudérales et nitrophiles; elles se développent dans les lieux incultes, les tabias, les bords des chemins, etc...

Les cultures sont également envahies par des plantes cosmopolites :

<i>Galium saccharatum</i>	<i>Senecio vulgaris</i>
<i>Stellaria media</i>	<i>Sinapis arvensis</i>
<i>Lepidium sativum</i>	<i>Sisymbrium irio</i>
<i>Nigella sativa</i>	<i>Fumaria densiflora</i>
<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Fumaria officinalis</i>
<i>Geranium molle</i>	<i>Fumaria parviflora</i>
<i>Asparagus officinalis</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>
<i>Anagallis arvensis</i> ssp. <i>phoenicea</i>	<i>Plantago lagopus</i>
<i>Anagallis arvensis</i> ssp. <i>coerulaea</i>	<i>Atriplex hastata</i>

Les seguias et canaux de drainage donnent asile à des espèces hygrophiles également cosmopolites :

<i>Equisetum ramosissimum</i>	<i>Inula crythmoides</i>
<i>Phragmites communis</i>	<i>Mentha*puilegium</i>
<i>Heleocharis palustris</i>	<i>Scirpus maritimus</i>
<i>Ormenis praecox</i>	<i>Cyperus distachius</i>
<i>Samolus valerandi</i>	<i>Ruppia rostellata</i>
<i>Ranunculus muricatus</i>	<i>Zannichelia palustris</i>
<i>Adiantum capillus veneris</i>	<i>Polygonum aviculare</i>
<i>Echinochloa colona</i>	<i>Carex hispida</i>
<i>Panicum repens</i>	<i>Carex extensa</i>
<i>Helosciadium nodiflorum</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>
<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>etc.</i>

Le principal caractère de la végétation des oasis est le grand nombre d'espèces cosmopolites, ce qui s'explique par le caractère hygrophile ou mésophile du milieu. Dans le détail cette végétation paraît extrêmement complexe en raison du nombre considérable de paramètres écologiques qui entrent en jeu : mode de culture, fumure, drainage, quantité des eaux d'irrigation, qualité de ces eaux, nature chimique du sol, caractères physiques du sol, ombrage, etc...

CONSIDÉRATIONS SUR LES POSSIBILITÉS AGRICOLES
DU SUD TUNISIEN

51. — GÉNÉRALITÉS — MÉTHODOLOGIE

Les possibilités de mise en valeur des milieux analysés et définis dans ce mémoire ont fait l'objet d'études spéciales concernant les deux principales spéculations agricoles du territoire étudié : l'élevage et l'oléiculture en sec. La plupart des milieux justiciables d'une étude de productivité en fonction de ces deux spéculations agricoles ont pu être caractérisés par des « *niveaux de productivité* ».

Pour étudier la productivité agricole des divers milieux caractérisés phytosociologiquement nous avons mis au point la méthode suivante (LE HOUÉROU, 1959).

Prenons le cas de l'oléiculture en sec. L'étude de la productivité de l'olivier comprend une enquête sur la production d'un nombre de parcelles aussi grand que possible, placées sous des conditions de milieux aussi diverses que possible.

Chaque olivette est examinée au double point de vue de sa production et de la composition floristico-écologique du milieu où elle se développe. Les résultats obtenus montrent évidemment une grande variation à la fois dans la production moyenne des différentes parcelles et dans la composition floristico-écologique du milieu. Disons, pour fixer les idées, que, dans le cas de l'olivier, les rendements observés varieront de 0 à 1 200 kg d'olives par hectare et par an dans le Centre et le Sud de la Tunisie. Les rendements varient donc de façon continue depuis 1 200 kg jusqu'à 0. Mais la composition floristico-écologique des milieux varie aussi de façon continue.

En effet, la comparaison des rendements et de la composition floristico-écologique montrera, par exemple, que chaque fois qu'une olivette se trouve dans un milieu défini par un groupe écologique A, composé des espèces *a-b-c-d-e-f*, à l'exclusion du groupe B, les rendements moyens se situent autour de 1 000 kg d'olives par hectare. Au contraire, à chaque fois qu'une olivette sera placée dans un milieu caractérisé par un groupe écologique B composé des espèces *g-h-i-j-k*, à l'exclusion du groupe A, les rendements moyens se situeront autour de 500 kg d'olives par hectare et par an.

Si une troisième olivette est située dans un milieu où nous trouvons *a-b-c-d-i-k*, les rendements seront compris entre 500 et 1 000 kg et plus près de 1 000 que de 500. La composition floristico-écologique est donc aussi variable que les rendements et la variation sont corrélatives, ainsi que nous l'avons montré dans une étude détaillée sur les rapports entre la phytosociologie et la productivité de l'olivier dans le Centre et le Sud tunisien (1959).

Il suffit ensuite de connaître les homologues écologiques entre les groupes écologiques

des terres cultivées et ceux des terres incultes pour pouvoir du même coup évaluer la productivité potentielle d'un milieu donné vis-à-vis de l'oléiculture. Cette homologie est mise en évidence par les études de sol et l'étude des steppes en bordure des cultures. Cette méthode s'est révélée extrêmement féconde, car elle est à la fois plus précise et surtout beaucoup plus rapide que les études purement pédologiques.

La même méthode a été employée dans l'étude des pâturages. Il n'est pas possible de revenir en détail sur ces questions dans le cadre de ce mémoire, cependant nous donnons ci-après les résultats globaux obtenus à l'aide de notre méthode.

52. — RÉSULTATS OBTENUS

Nous avons montré que 240 000 hectares étaient justiciables de l'arboriculture en sec, dans des conditions de rentabilité normale dans le Centre et le Sud de la Tunisie. Ce qui représente un potentiel de 40 000 tonnes d'huile d'olive par an. Il existe, en outre, dans les mêmes régions un potentiel de l'ordre de 30 000 tonnes d'huile par an, dans des conditions de rentabilité douteuse. Tandis que 40 000 tonnes supplémentaires pourraient être produites après aménagements d'hydrologie superficielle. Différents milieux naturels du Centre et du Sud ont ainsi été cartographiés en fonction de leur productivité oléicole potentielle à l'échelle du 1/200 000^e.

L'étude des pâturages a montré que ceux-ci étaient partout surexploités et que la charge actuelle était d'au moins 1/3 supérieure à la charge d'équilibre (1958, b). Il en résulte une désertisation progressive du pays.

Nous avons pu montrer, également, qu'un pâturage, s'il n'est pas trop dégradé, peut se restaurer en quelques années de mise en défense absolue (1958, a) jusque sous le climat saharien. A Sidi Toui, par exemple, en limite de climat saharien, un pâturage mis en défens pendant 4 ans a pris une valeur pastorale 2,5 fois supérieure au témoin; nous avons pu constater des résultats analogues en zone désertique de Libye.

53. — PERSPECTIVES DE MISE EN VALEUR

Il semble que la mise en valeur de la zone non saharienne Sud tunisien doive faire appel en premier lieu aux travaux d'hydrologie superficielle. Or, jusqu'ici la seule méthode de mise en valeur a été la création d'oasis à partir de forages artésiens coûteux et peu rentables.

Cette méthode ne semble pas avoir apporté de grands résultats du point de vue de l'élévation du niveau de vie de l'ensemble de la population. De plus, les nappes artésiennes sont souvent exploitées jusqu'à la limite de leurs possibilités.

Il semble qu'on doive donc s'orienter vers les méthodes de rétention et d'épandage des eaux de ruissellement. Les oueds issus des Djebels de l'Atlas Saharien et des Matmatas coulent régulièrement 2 à 3 fois par an, au moins en octobre-novembre et en février-mars.

Le calcul (60) montre que les pertes d'eau par ruissellement sont de l'ordre de 400 millions de m³ par an pour les zones non désertiques du Centre et du Sud tunisien : Djeffara et région de l'Atlas Saharien.

Etudions quelles possibilités offriraient l'utilisation de ces eaux qui, actuellement, se perdent dans la mer ou les sebkhas. Du point de vue de l'oléiculture l'expérience montre qu'un appoint d'eau de 2 000 m³ par hectare et par an suffit largement à assurer des récoltes de 100 kg d'huile par hectare.

L'utilisation rationnelle et intégrale des eaux de ruissellement devrait donc permettre la plantation en oliviers de 200 000 hectares implantables en sec. Ces plantations permettraient une production de l'ordre de 20 000 tonnes d'huile par an, correspondant à une valeur de 4 milliards de francs (1958). On voit que la production des oasis est faible (61) auprès de ce chiffre, bien que celui-ci soit volontairement bien inférieur à la réalité.

Les 200 000 hectares de sols agricoles inondables existent dans le Centre et le Sud et déjà à l'époque Romaine cette méthode de rétention des eaux de crue avait permis une grande densité de population. Il n'est guère d'oued de quelque importance où l'on ne retrouve des vestiges de travaux hydrauliques romains; par ailleurs, il suffit de regarder une carte quelconque au 1/100 000^e de la Tunisie méridionale pour remarquer l'importance du peuplement à l'époque romaine, attestée par la densité des ruines dans des régions aujourd'hui déshéritées. Il existe d'ailleurs un exemple actuel de ce type de mise en valeur : les Matmatas.

La mise en valeur de la zone non désertique du Sud tunisien est donc techniquement possible; sa réalisation est un problème humain et financier. Mais ceux-ci sont souvent plus difficiles à résoudre que les problèmes techniques.

(60) $\frac{P^2}{3E^2}$ (P étant exprimé en mètres d'eau)
(61) 1,2 milliard.

(E = évapotranspiration potentielle).
Formule définie par E. BERKALOFF et J. TIXERONT (1958).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Pour mener à bien notre étude des milieux et de la végétation de la Tunisie méridionale, nous avons suivi les méthodes mises au point au Service de la Carte des Groupements Végétaux de la France (cf. EMBERGER, 1959; *Bulletin Serv. C.G.V.*, 1957).

LES MÉTHODES

Ces **méthodes** mettent l'accent sur le double point de vue de l'écologie et de la composition floristico-statistique, considérant les deux comme étroitement solidaires. Par conséquent, outre une composition floristique définie, tout groupement végétal naturel doit encore être caractérisé par des conditions écologiques précises et *mesurées*.

Les groupements végétaux étant l'expression du milieu sont composés de groupes écologiques qui indiquent les caractères dont ce milieu est composé.

Bien que soumis à la concurrence vitale, les divers groupes écologiques manifestent une certaine indépendance les uns vis-à-vis des autres. L'association végétale est formée par la coexistence d'un nombre défini de groupes écologiques et se présente dès lors comme un « complexe écologique » (LE HOUÉROU, 1956; IONESCO, 1956) se répartissant en trois catégories principales : les groupes floristico-climatiques, floristico-édaphiques et floristico-anthropozoïques.

Nos recherches écologiques et phytosociologiques nous ont conduit à établir un **écogramme**.

L'*écogramme* est une représentation schématique des groupes floristico-climatiques et floristico-édaphiques sur un système d'axes de coordonnées rectangulaires.

Sur l'abscisse sont portés les groupes floristico-climatiques et sur l'ordonnée les groupes floristico-édaphiques. L'ensemble se présente sous la forme d'un tableau à double entrée, analogue aux tableaux de disjonction d'hybridisme des généticiens. Ce dispositif permet non seulement de mettre en évidence les groupements végétaux relevés, mais encore de prévoir l'existence de groupements non encore identifiés (cf. fig. 1). Certaines cases peuvent rester vides, mais on peut déduire par avance la composition floristique et les qualités écologiques des groupements susceptibles de les occuper. L'écogramme montre aussi l'impossibilité pratique de certaines combinaisons théoriques, comme le tableau de disjonction d'hybrides prévoit les combinaisons léthales. Le fait qu'on puisse prévoir l'existence de groupements

non encore observés n'est pas sans évoquer une certaine analogie entre l'écogramme et le tableau de MENDELEJEFF des chimistes.

La mise en évidence des groupements végétaux au moyen de l'écogramme permet aussi de saisir les groupements de transition et de les expliquer. Car il n'est pas douteux que les groupements végétaux, bien que nettement caractérisés par leur flore, leur écologie et ayant chacun une individualité propre, sont reliés les uns aux autres comme les maillons d'une chaîne (62). De même, qu'il suffit d'adjoindre un atome de carbone à un terme quelconque d'une série de carbures d'hydrogène pour passer au terme suivant de la série, de même l'adjonction d'un groupe écologique à une association végétale provoque l'apparition d'un groupement nouveau. Comme les termes d'une série de carbures d'hydrogène admettent des dérivés, de même les associations admettent des variantes et des sous-associations.

LE MILIEU

Dans le domaine de nos études des **relations climat-végétation**, l'interpolation des données pluviométriques au moyen des unités phytosociologiques nous a permis de dresser une carte des précipitations de la Tunisie méridionale qui se montre en accord avec les observations faites dans les régions limitrophes de Libye et d'Algérie. L'étude de ces relations a également permis de définir un gradient de variation de la pluviosité en fonction de l'altitude dans les zones montagneuses de notre région. Les recherches éco-climatiques ont en outre rendu possible l'établissement d'une carte bioclimatique de la Tunisie méridionale offrant des tracés plus précis que ceux qui peuvent résulter d'une interpolation directe de mesures physiques éparses.

Dans le domaine de la **géologie**, la description de certains paléosols a peut-être contribué à une meilleure connaissance des formations quaternaires continentales de la Tunisie du Sud.

Du point de vue **pédologique**, nous avons pu distinguer une vingtaine de groupes de sols avec quelques unités non encore décrites à notre connaissance, tels les encroûtements gypseux à intumescence et les carapaces gypseuses de transport. Nous avons montré que le sol évolué normal de la région non désertique est un sol brun subdésertique à horizon de nodules calcaires et que les sols gris subdésertiques sont relativement peu étendus, contrairement à une opinion couramment admise.

La mise en évidence des **rapports sols-végétation** montre que cette dernière est très sensible aux variations édaphiques concernant la morphologie et le chimisme du profil, mais que le degré d'évolution du sol se manifeste assez peu dans la composition du tapis végétal. Sauf, bien entendu, lorsque cette évolution se marque par des modifications physiques ou chimiques importantes du profil. Ce sont finalement les facteurs susceptibles de modifier le bilan d'eau du sol (pente, position topographique, texture, structure, profondeur, chimisme, etc...) qui manifestent ici une action prépondérante sur la composition et la structure de la végétation, à l'intérieur d'un climat donné.

(62) Notion de concaténation écologique, différente de la notion de caténa topographique ou géographique.

L'étude des formes du relief et le modelé en liaison avec la composition de la végétation a montré une étroite corrélation entre les deux facteurs, principalement dans la zone saharienne.

Les données de la préhistoire et de l'histoire ont permis de situer la végétation actuelle dans son contexte historique, d'en présumer les vicissitudes et de faire la part de l'influence humaine dans l'évolution du tapis végétal. L'examen des données historiques nous autorise à conclure à une aggravation sensible du *bioclimat* depuis le début de l'occupation romaine (I^{er} siècle). Cette aggravation serait d'ailleurs plutôt imputable, croyons-nous, à l'influence humaine qu'à une variation systématique d'origine cosmique.

LA VÉGÉTATION

L'étude de la végétation nous a permis de mettre en évidence 38 associations végétales nouvelles. Chacune de ces associations admet des variantes liées à des modifications climatiques, des sous-associations liées à des variations édaphiques et des faciès déterminés par l'influence anthropozoiue. L'ensemble représente plus de 200 *groupements végétaux*. Ces groupements sont fondés sur l'interprétation de plus de 3 000 *relevés floristiques* et de 1 500 *profils de sols*. Nous avons utilisé les résultats de 50 années d'observations météorologiques sur une cinquantaine de stations. Est-ce à dire que l'inventaire que nous proposons présente un caractère exhaustif ? Nous ne le pensons nullement; des recherches ultérieures pourront introduire des nuances encore plus fines et préciser certaines conditions écologiques. Il est cependant permis de penser que la présente étude peut fournir un cadre solide à des travaux de détail et servir de base à des essais de mise en valeur.

La végétation du Sud tunisien s'insère dans l'ensemble méditerranéen qui comprend ici deux étages de végétation : l'étage méditerranéen aride et l'étage méditerranéen saharien; chaque étage se divise en deux sous-étages supérieur et inférieur.

L'étage méditerranéen aride est ici caractérisé dans son *sous-étage supérieur* par un climax forestier à *Juniperus phoenica* (LONG, 1954), exemple : les régions de Sfax, Sidi Bouzid, Sbeitla, Kairouan. Le *sous-étage inférieur* (Gabès, Gafsa, Tatahouine) a probablement un climax de steppe arborée à *Juniperus phoenica* et *Stipa tenacissima*, excepté dans les bas-fonds inondables où le climax semble forestier avec, peut-être, *Pistacia atlantica*.

Dans l'étage méditerranéen saharien la définition des climax est encore beaucoup plus conjecturale. On peut, toutefois, penser que la Tamarigaie est en équilibre dans les dépressions du *sous-étage supérieur* (Tozeur, Kebili, Remada), tandis que les sables profonds y porteraient une végétation de *Calligonum* arborescents. La végétation primitive du reg paraît avoir été une steppe à chaméphytes ligneux et thérophytes peu différente de celle que nous connaissons. Dans le *sous-étage inférieur* (Bir Zar, M'Chiguig, Rhadamès) les *Tamarix* et *Acacia raddiana* semblent avoir occupé les dépressions les plus importantes avec ou sans nappes phréatiques permanentes. Les sables profonds semblent avoir porté une végétation à nanophanérophytes (*Arthrophytum*, *Retama*, *Ephedra alata* ssp. *alenda*, etc.).

La célèbre « forêt » de gommiers du Bled Thala (à peu près disparue aujourd'hui) doit être, à notre avis, considérée comme une œuvre humaine, ainsi que le soupçonnait déjà

G. LONG (63). Une étude minutieuse sur le terrain et l'observation attentive des photographies aériennes y montre en effet des vestiges du cadastre romain. Nous avons cru discerner un alignement, peu net en raison du réensemencement naturel, avec un écartement de l'ordre de 12-15 m. La plantation des gommiers serait peut-être due aux « *Limitanei* » de l'Empire Romain qui colonisèrent cette région entre le III^e et le VI^e siècle.

Dans la région non saharienne du Sud tunisien et en dehors de dépressions, l'évolution de la végétation semble avoir suivi le schéma suivant :

1. — Stade primitif à forêt xérophile plus ou moins claire de *Juniperus phoenicea* et strate basse de chaméphytes ligneux et d'alfa.
2. — Destruction généralisée de la forêt (probablement à l'époque romaine), avec pour résultat une steppe mixte à alfa et chaméphytes ligneux.
3. — Surpâturage, d'où disparition de l'alfa, érosion accélérée du sol laissant souvent à nu soit le substrat géologique, soit une croûte quaternaire calcaire ou gypseuse.

A partir du stade 3 l'évolution est irréversible en raison de la disparition du « sol ».

Dans les dépressions, la destruction de la forêt a pu être suivie de la mise en culture. De nombreux vestiges de l'époque romaine en témoignent. L'abandon des cultures a vu une évolution progressive vers une steppe à chaméphytes et parfois à nanophanérophytes (*Ziziphus lotus*) qui peut être encore exceptionnellement observée aujourd'hui. Mais le nomadisme a été par la suite le principal obstacle au retour de la forêt dans les dépressions.

La période actuelle voit une dégradation végétale intense et rapide en raison de la pression démographique. La forêt de gommiers du Bled Thala a presque disparu en moins de 10 ans. Les *Calligonum* arborescents de l'Erg auront totalement disparu d'ici quelques années. Le Genévrier de Phénicie, commun dans les Matmatas au début du siècle en est pratiquement absent aujourd'hui. De façon générale, l'étude de la végétation montre une nette tendance à la désertisation; celle-ci est directement liée à la densité de la population, de telle sorte que la végétation des plaines littorales est souvent plus dégradée que celle de la région saharienne, uniquement parce que cette dernière est peu fréquentée.

APPLICATIONS

Du point de vue de l'application pratique, nous avons mis au point une méthode de détermination de la productivité agricole des milieux (1959) caractérisés phytosociologiquement. Cette méthode, appliquée au problème de l'oléiculture, a fait l'objet d'une publication particulière; elle s'est révélée féconde et a servi à l'établissement d'une carte des vocations oléicoles de la Tunisie méridionale dressée à la demande du Commissariat à la Productivité.

(63) Comm. verb.

CONCLUSION

Au rythme actuel la population de la Tunisie méridionale s'accroît de 2 % par an; c'est-à-dire qu'elle double tous les 37 ans. C'est là un fait qu'il conviendrait de ne pas perdre de vue, car les ressources actuelles du pays sont très limitées. Nous avons montré (1959) que les recherches écologiques et phytosociologiques étaient susceptibles d'applications pratiques importants dans le domaine de la mise en valeur agricole. Il reste à souhaiter que ces applications soient réalisées, car, face à un problème démographique aussi angoissant, il serait regrettable de négliger une technique susceptible de contribuer à le résoudre. Le but de toute recherche doit être de servir l'homme dont la querelle est la seule qui vaille, ainsi qu'on l'a pu dire récemment. Ainsi pourrait-on assigner à la phytosociologie écologique le but que AUG. COMTE fixait à la science positive : « Savoir pour prévoir, prévoir pour pouvoir ». Si nous avons pu y contribuer notre tâche n'aura pas été vaine.

BIBLIOGRAPHIE DU PRÉSENT FASCICULE

71. — VÉGÉTATION — PHYTOSOCIOLOGIE — ÉCOLOGIE

- AUGARDE, J. (1957). — Contribution à l'étude des problèmes de l'homogénéité en phytosociologie. *Bull. Serv. Carte Phytogéogr.*, série B, II, 1, pp. 11-23.
- BOYKO, H. (1951). — On regeneration problems of the vegetation in Arid zones. In : Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides. pp. 62-80. *Un. Intern. Sc. Biol.*, série B, n° 9.
- BOYKO, H. (1951). — Ecological exposé on the problem complex of arid regions. In : Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides. pp. 26-32. *Un. Intern. Sc. Biol.*, Paris, série B, n° 9.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1932). — *Plant Sociology*. 439 p. Londres.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1949). — Premier aperçu phytosociologique du sahara tunisien. Mém. hors série Soc. Hist. Nat. AFN, t. II, pp. 39-50, Alger.
- BRAUN-BLANQUET, J. et J. PAVILLARD (1928). — *Vocabulaire de Sociologie végétale*. 23 p. Montpellier, 3 éd.
- BRAUN-BLANQUET, J., L. EMBERGER, R. MOLINIER (1947). — *Instructions pour l'établissement de la carte des groupements végétaux*. 44 p. Montpellier.
- BUROLLET, P.A. (1927). — Le sahel de Sousse. Monographie phytogéographique. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie* 4, fasc. 2, pp. 1-270.
- CAILLEUX, A. (1953). — *Biogéographie mondiale*. 126 p. P.U.F. Paris.
- CHEVASSUT, G. et P. QUEZEL (1956). — Contribution à l'étude des groupements végétaux des mares temporaires à *Isoetes velata* et des dépressions humides à *Isoetes Hystrix* en Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. AFN*, t. 47, pp. 59-73.
- CLARKE, G.L. (1954). — *Elements of Ecology*. 534 p. Chapman et Hall, London.
- CLEMENTS, F.E. and V.E. SHELFORD (1952). — *Bio-Ecology*. 425 p. Chapman et Hall, London.
- DRUDE, O. (1897). — *Manuel de géographie botanique* (traduit par G. Poirault). 552 p., 4 cartes, Klincksieck, Paris.
- DUBUIS, A. et P. SIMMONEAU, 1954. — Contribution à l'étude de la végétation d'Ain Skrounat (Chott Chergui oriental). 124 p., 13 pl., 2 cartes, Service Hydraulique, Alger.
- DUVIGNEAUD, P. (1946). — La variabilité des Associations végétales. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, t. 78, pp. 107-134.
- DUVIGNEAUD, P. (1949). — Les savanes du bas-Congo, essai de phytosociologie topographique. *Lejeunia*, n° 10, pp. 5-192, Liège.
- ELLENBERG, H. et O. ZELLER (1951). — Die pflanzenstandortskarte am Beispiel des Kreises Leonberg. *Herausgegeben Kurt Brünig*. Hannover, pp. 11-49.
- EMBERGER, L. (1930). — La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. gén. de bot.*, t. 42, pp. 641-662 et 705-721.
- EMBERGER, L. (1932). — Sur une formule climatique et ses applications en botanique. *La Météorologie*, n° 92-93, pp. 1-10.
- EMBERGER L. (1933). — Nouvelle contribution à l'étude de la classification des groupements végétaux. *Rev. gén. de bot.*, t. 45, pp. 1-14.
- EMBERGER, L. (1937). — La définition phytogéographique du climat désertique. *C.R. Soc. Biogéogr.* (vol. sur les régions désertiques), pp. 1-14.
- EMBERGER, L. (1942). — Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 77, pp. 97-124.
- EMBERGER, L. (1944). — Les limites de l'aire méditerranéenne en France. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 48, pp. 159-180.
- EMBERGER, L. (1950). — La phytosociologie et ses applications. *La Tunisie agricole* n° 6 (juin-juillet 1950), pp. 1-7.
- EMBERGER, L. (1951). — Rapport sur les régions arides et semi-arides de l'Afrique du Nord. In « Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides », pp. 30-61. *Un. intern. Scienc. biolog.*, série B, n° 9.

- EMBERGER, L. (1952). — Rapport sur les régions arides et semi-arides de la partie nord-ouest du continent africain, 41 p. UNESCO/NS/AZ/89.
- EMBERGER, L. (1954). — Le rôle de la géographie botanique dans la mise en valeur de la Tunisie. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, t. VII, 1953-1954, pp. 13-22.
- EMBERGER, L. (1955). — Une classification biogéographique des climats. *Trav. Inst. Bot. Montpellier*, fasc. 7, pp. 3-43.
- EMBERGER, L. (1957). — Les études phytosociologiques entreprises en Afrique du Nord sous le contrôle scientifique et technique du Service de la Carte des Groupements Végétaux de la France. *Bull. Serv. Carte Phytogéogr. Série B*, t. II, fasc. 2, pp. 25-36.
- EMBERGER, L. (1958). — Afrique du Nord et Australie méditerranéenne. In « Climatologie et microclimatologie ». *Actes du Colloque de Canberra* (1956), UNESCO, pp. 141-146.
- EMBERGER, L. (1958). — Principes et méthode de travail du Service de la Carte des Groupements Végétaux du C.N.R.S. *C.R. séances Ac. Agric.* du 11 juin 1958, 10 p.
- EMBERGER, L. et R. MAIRE (1934). — Tableau phytogéographique du Maroc, vol. I, Le Milieu. *Mem. Soc. Sc. Nat. Maroc*, n° XXXVIII, 187 p., 16 pl.
- ETTER, H. (1949). — De l'analyse statistique des tableaux de végétation. *Vegetatio* 1, fasc. 2-3, pp. 149-154.
- GAUSSEN, H. — *Signes conventionnels pour le travail sur le terrain*. 11 p. C.N.R.S., Paris.
- GAUSSEN, H. (1952). — Le dynamisme des biocénoses végétales. *Coll. intern. du C.N.R.S.: Ecologie*, pp. 9-22.
- GAUSSEN, H. (1954). — *Géographie des plantes*. 2^e éd., 224 p., A. Colin, Paris.
- GAUSSEN H. et A. VERNET (1958). — Notice de la feuille Tunis-Sfax de la carte Internationale du tapis végétal au 1/1 000 000. *Bull. Serv. carte Phytogéogr., série A*, t. II, fasc. 2, 31 p.
- GOUNOT, M. (1956). — A propos de l'homogénéité et du choix des surfaces de relevé. *Bull. Serv. carte phytogéogr. sér. B*, t. 1, fasc. 1, pp. 7-17.
- GOUNOT, M. (1957-1958). — Les groupements messicoles de Tunisie et leur valeur indicative pour l'Agronomie. *Ann. Serv. Bot. Agron. de Tunisie*, vol. 30, pp. 149-163.
- GUINOCHET, M. (1951). — Contribution à l'étude phytosociologique du sud Tunisien. *Bull. Soc. Hist. Nat. AFN*, t. 42, pp. 131-153.
- GUINOCHET, M. (1954). — Sur les fondements statistiques de la phytosociologie et quelques-unes de leurs conséquences. *Veröffentlichungen des Geobotan. Inst. Rübel in Zurich*, Cah. 29, pp. 40-67.
- GUINOCHET, M. (1955). — *Logique et dynamique du peuplement végétal*. 143 p., 32 fig., 1 tabl., 4 pl., Masson, Paris.
- GUINOCHET M. et P. QUEZEL (1954). — Reconnaissance phytogéographique autour du Grand Erg Occidental. *Trav. Inst. Rech. Sah.* XII, pp. 11-27.
- GUINOCHET M. et P. CASAL (1957). — Sur l'analyse différentielle de Czekanovski et son application à la phytosociologie. *Bull. Serv. Carte Phytog.* Série B, II, 1, pp. 25-33.
- HAGERUP, O. (1930). — Etude des types biologiques de Raunkiaer dans la flore autour de Tombouctou, *Biol. Meddel.* IX, 4, Copenhague.
- HALLAIRE, M. (1959). — La diffusion de l'eau dans le sol et l'alimentation hydrique des plantes annuelles. *Bull. Soc. Fr. de phys. vég.*, t. 5, n° 3, pp. 133-140.
- HASSIB, M. (1951). — Distribution of plant communities in Egypt. *Fouad I Univ. of Sc. Bull.*, n° 29, pp. 60-261, Le Caire.
- IONESCO, T. (1956). — A propos de la cartographie des groupements végétaux des terres cultivées en zone semi-aride. *Bull. Serv. Carte Phytog.*, t. 1, fasc. 1, pp. 19-23.
- IONESCO, T. (1956). — A propos de la cartographie des groupements végétaux des terres cultivées en zone semi-aride. *Bull. Serv. Carte Phytog.*, t. 1, fasc. 1, pp. 19-23.
- IONESCO, T. (1956). — Considérations sur la méthode floristique-écologique appliquée à l'étude des milieux dans les Doukkhala. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, t. XXXVI, pp. 243-255.
- IONESCO, T. (1956). — Sur l'écologie des plantes spontanées dans les Doukkhala. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, t. XXXVI, pp. 243-255.
- IONESCO, T. (1958). — Essai d'estimation de la valeur indicatrice des espèces psammophiles en pays semi-aride. *Bull. Serv. Carte Phytog.*, t. III, fasc. 1, pp. 7-68.
- KASSAS, M. (1952-1953-1954). — Habitats and plant communities in the Egyptian deserts. I. *Journ. Ecol.* 40/2, pp. 342-351; II. *Journ. Ecol.* 41/2, pp. 248-256; III. *Journ. Ecol.* 42/2.
- KASSAS, M. (1953). — Landforms and plant cover in the Egyptian desert. *Bull. Soc. géol. d'Egypte*, t. XXVI, p. 194-205.
- KASSAS, M. (1953). — *Rainfall and vegetation belts in arid North East Africa*. UNESCO NS/AZ/149, pp. 8-10.
- KILLIAN, Ch. (1948). — Sols et plantes indicatrices dans les parties non irriguées des oasis de Figuig et de Beni Ounif. *Bull. Soc. Hist. Nat., AFN*, vol. 32.
- KILLIAN, Ch. (1948). — Conditions édaphiques et réaction des plantes indicatrices de la région alfatière algérienne. *Ann. Agron.* n° 1, 24 p.
- KILLIAN, Ch. (1950). — Nouvelles observations sur les conditions édaphiques et les réactions des plantes indicatrices dans les réserves de pâturage de la région alfatière algérienne. *Ann. Inst. Agric. Serv. Rech. et Exp. Agric. d'Algérie*, vol. 5, fasc. 3, 36 p.
- KILLIAN, Ch. (1951). — Les bases écologiques pour l'utilisation des régions arides. In : « Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides », pp. 123-141, *Un. Intern. Sc. Biol.*, série B, n° 9.
- KILLIAN, Ch. (1953). — La végétation autour du Chott Hodna, indicatrice des possibilités culturelles et son milieu édaphique. *Ann. Inst. Agric. Algérie*, t. 7, 80 p.

- KILLIAN, Ch. (1955). — Caractéristiques écologiques de quelques plantes sahariennes au cours de leur période germinative et de leur période postgerminative. *Bull. Soc. Hist. Nat. AFN*, t. 44, pp. 195-206.
- KILLIAN Ch. et L. FAUREL (1936). — La pression osmotique des végétaux du sud algérien; ses rapports avec les facteurs édaphiques et climatiques. *Ann. de physiol.*, t. 12, n° 5, pp. 859-908.
- KILLIAN Ch. et O. FEHER, 1939. — *Recherches sur la micro-biologie des sols désertiques*. Encyclop. biolog. vol. 21, Lechevallier, Paris.
- KILLIAN Ch. et G. LEMÉE, 1956. — Les xérophytes: leur économie d'eau. *Handbuch der pflanzenphysiologie*. Bd. III, pp. 787-824.
- KRAMER, P.J. (1949). — *Plant and soil water Relationships*. 347 p. McGraw-Hill, Neœ-York. London.
- LE HOUÉROU, H.-N. (1955). — Contribution à l'étude de la végétation de la région de Gabès. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie*, 28, pp. 141-180; 1 carte en couleur au 1/200 000°.
- LE HOUÉROU, H. N. (1957). — Les groupements végétaux du sud tunisien et leur mise en valeur. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie*, vol. 30, pp. 181-189.
- LE HOUÉROU, H. N. (1959). — Ecologie, phytosociologie et productivité de l'olivier en Tunisie méridionale. *Bull. Serv. Carte phytog. série B*, t. IV, fasc. 1, 80 p.
- LE HOUÉROU, H. N. (1959). — *Contribution à l'étude écologique de l'olivier en Tunisie*, 89 p. ronéo, 8 cartes au 1/200 000. Commissariat à la Productivité, Paris.
- LE HOUÉROU, H. N. (1959). — Les relations sols-végétation en Tunisie méridionale et la mise en évidence des groupements de l'écogramme. *Colloque Soc. Bot. France*, 1959.
- LE HOUÉROU, H. N. (1957-61). — Etude écologique et phytosociologique préliminaire du sud-est tunisien. 200 p. environ. Sous presse, *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie*.
- LE HOUÉROU, H. N. (1960). Carte au 1/500 000 des Groupements Végétaux de la Tunisie méridionale, Zones aride et saharienne. *Annales Serv. Botan. et Agronom. de Tunisie* (sous presse).
- LEMÉE, G. (1952a). — Contribution à l'étude phytosociologique des confins saharo-marocains. *Trav. Lab. Biol. Sah. de Beni-Ounif*, n° 29.
- LEMÉE, G. (1952b). — Contribution à l'étude écologique de la végétation des confins saharo-marocains. *Desert Research, Proc. of intern. Sympos. in Jerusalem*.
- LEMÉE, G. (1953). — Contribution à la connaissance phytosociologique des confins saharo-marocains: les associations à thérophytes des dépressions sableuses et limoneuses non salées. *Vegetatio IV*, fasc. 3, pp. 137-154.
- LEMÉE, G. (1954). — L'économie de l'eau chez quelques graminées vivaces du Sahara septentrional. *Vegetatio V-VI*, pp. 534-541.
- LEMÉE, G. (1959). — Le Bilan d'eau des plantes vasculaires et ses rapports avec l'humidité des sols. *Bull. soc. Fr. phys. vég.*, t. 5, n° 3, pp. 112-132.
- LONG, G. (1949). — Etude partielle de la bordure occidentale de la forêt sfaxienne: groupements végétaux, sols et vocations agricoles. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunis* 22, pp. 197-220; 1 carte.
- LONG, G. (1950a). — La flore et la végétation des dômes montagneux du centre tunisien. *Bull. Ec. et Soc. de la Tunisie*, n° 43, pp. 17-23.
- LONG, G. (1950b). — Contribution à l'étude des pâturages tunisiens. I. Les méthodes et leurs applications en Tunisie centrale. II. Possibilités d'amélioration pastorale dans la zone pré-désertique de Ben Gardanne et Bordj Sidi Toui. *Ann. Serv. Bot. Tunis*: 23, pp. 139-160.
- LONG, G. (1954). — Contribution à l'étude de la végétation de la Tunisie centrale. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie*, vol. 27, pp. 1-388.
- LONG, G. (1958). — Description d'une méthode linéaire pour l'étude de la végétation. *Bull. Serv. Carte phytogéogr. Série B*, t. II, fasc. 2, pp. 107-128.
- MAIRE, R. (1925). — *Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie et notice de la carte*. 78 p. dont 30 pl.
- METRO, A. (1949). — L'écologie des Eucalyptus. Son application au Maroc. *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, n° 49, 109 p.
- MOLINIER R. et P. MULLER (1938). — La dissémination des espèces végétales. 178 p. *S.I.G.M.A. Comm.* 64, Montpellier.
- MONCHICOURT, Ch. (1906). — La steppe tunisienne chez les Fraichiches et les Majeur. *Bull. Dir. Agr. comm. Tunis*, pp. 38-76 et 159-199; 4 fig., 6 pl.
- MONOD, Th. (1937). — *Méharées*. 300 p., 1 carte. « Je Sers », Paris.
- MONOD, Th. (1951). — Biologie des régions arides. In: « *Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides* », pp. 33-44, Paris.
- MONOD, Th. (1954). — Modes « contracté » et « diffus » dans la végétation saharienne. In: « *Biology of Deserts* », pp. 35-44. Tavistock house. Londres.
- NÉGRE, R. (1952). — Intérêt de noter séparément l'abondance et la dominance en phytosociologie. *Rec. Trav. des Lab. de Bot., géol. et Zool.*, fac. sc. Montpellier, série botanique, fasc. 5, pp. 45-53.
- NÉGRE, R. (1956). — Sur la notion de caractéristique et d'ensemble écologique en phytosociologie. *Naturalia Monspelienisia, série Bot.*, fasc. 8, pp. 157-166.
- NÉGRE, R. (1956). — *Recherches phytosociologiques sur le Sedd el Messjoun*. 190 p., 45 fig., 36 tabl., 2 pl. Rabat.
- NÉGRE, R. (1957). — Les groupements végétaux du Sedd el Mejnoun. Notice. 35 p., 1 carte au 1/50 000 en couleurs. *Trav. Inst. Sc. chérif., série botanique*, n° 7, Rabat.
- NÉGRE, R. (1959). — Recherches phytogéographiques sur l'étage de végétation méditerranéenne aride (sous-étage chaud) au Maroc occidental. *Trav. Inst. Scient. Chérif., série botanique*, n° 13 (inédit).

- NOVIKOFF, G. (1957). — Les Associations halophiles de la Tunisie et leur mise en valeur. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie*, vol. 30, pp. 171-179.
- NOVIKOFF, G. (1958). — Relations entre la structure de la végétation et la stratification des milieux halophiles en Tunisie. *Bull. Serv. carte phytog., série B*, t. II, fasc. 1, pp. 69-83.
- OZENDA, P. (1954). — Observations sur la végétation d'une région semi-aride. Les hauts plateaux du sud algérois. *Bull. Soc. Hist. Nat. AFN*, t. 45, pp. 189-224, 6 pl.
- OZENDA, P. (1958). — *Flore du Sahara septentrional et central*. C.N.R.S., Paris, 486 p.
- PAVILLARD, J. (1935). — *Eléments de Sociologie végétale* (phytosociologie), 102 p., Paris.
- PIGNATTI, S. (1952). — Sulla vegetazione psammofila litoranea del Nord-Africa francese. Nota preliminare *Nuovo Giornale Bot. Ital.* 59, pp. 167-168.
- PONS A. et P. QUEZEL (1955). — Contribution à l'étude de la végétation des rochers maritimes du littoral de l'Algérie centrale et occidentale. *Bull. Soc. Hist. Nat. AFN*, t. 46, pp. 48-80.
- POTTIER-ALAPETITE, G. (1954). — L'île de Zembra, excursion phytosociologique. *Mém. Soc. Sc. nat. Tun.*, n° 2, pp. 35-44, 4 pl.
- QUEZEL, P., 1950. — Mission botanique au Tibesti. 357 p. 15 pl., *Mém. Inst. Rech. Sah.*, n° 4.
- QUEZEL, P. (1954). — Contribution à l'étude de la flore et de la végétation du Hoggar. *Mém. Inst. Rech. Sah. Alger*, 164 p., 14 tabl.
- QUEZEL, P. (1957). — Les groupements végétaux du massif de la Tefedest (Sahara central). *Trav. Inst. Rech. Sah. Alger*, XV, pp. 43-63.
- QUEZEL, P. (1957). — *Peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord* (Thèse) 488 p. Lechevallier. Paris.
- RAUNKIAER, C. (1934). — *Life forms and statistical plant geography*. 632 p., 189 phot. et fig., Clarendon, Oxford.
- REY, P. (1957). — *L'interprétation des photographies aériennes*, 40 p., C.N.R.S., Paris.
- REYNAUD-BEAUVERIE, M., 1936. — *Le milieu et la vie en commun des plantes*. 233 p., Lechevallier, Paris.
- ROUSSINE, N. (1957). — Travaux phytosociologiques soviétiques des dernières années. *Vegetatio*, vol. VII, fasc. 5/6, pp. 291-300.
- SAUVAGE, Ch. (1949). — Remarque sur la notion de sociabilité. *Rec. Trav. Inst. Bot. Montpellier*, fasc. 4, p. 82.
- SCHOENENBERGER, A. (1957). — Les associations forestières de la dorsale tunisienne et leur mise en valeur. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie*, vol. 30, pp. 149-155.
- SERVICE DE LA G. G. V. (1957). — Description et mode d'emploi d'une fiche de relevé pour l'inventaire de la végétation. *Bull. Serv. Carte phytog., série B*, t. II, fasc. 2, pp. 7-24.
- SHAW B.T. and collab. (1952). — *Soil physical conditions and plant Growth*. 491 p., Academic Press, New York.
- SIMMONNEAU, P. (1952). — *La végétation halophile de la plaine de Perrégaux*. 279 p., Alger.
- SIMONNEAU, P. (1954). — La végétation des sols salés d'Oranie. *Ann. Agron.*, n° 2, pp. 225-257.
- SOUKATCHEV, V.N. (1954). — *Quelques problèmes théoriques de la phytocénologie. Essai de botanique*. Moscou-Leningrad, pp. 310-330.
- TADROS, T.W. (1953). — A phytosociological study of halophilous communities from Mareotes (Egypt). *Vegetatio*, vol. IV, n° 2, pp. 102-124.
- TADROS, T.M., A. BERLANTA, M. ATTA (1958). — Further contribution to the study of the sociology and ecology of the Halophilous plant communities of Mareotis (Egypt). *Vegetatio*, vol. VIII, fasc. 3, pp. 137-160.
- TADROS, T.M., A. BERLANTA, M. ATTA (1958). — The plant communities of barely fields and uncultivated desert areas of Maréotis (Egypt). *Vegetatio*, vol. VIII, fasc. 3, pp. 161-175.
- THIAULT, M. (1957). — Les pelouses de la Tunisie du Nord et leurs aptitudes pastorales. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tun.*, vol. 30, pp. 165-170.
- TOMASELLI, R. (1956). — *Introduzione allo studio della fitosociologia*. 319 p., 29 tabl., Milano.
- TRICART, J. (1952). — *Climat, végétation, sols et morphologie*. 50^e anniv. Labor. géogr. Rennes (vol. Jubil. offert à E. De Martonne).
- VERNET, A. et collab. (1958). — Climat et végétation. In « *Recherches sur la zone aride* » compte rendu de recherches : *Climatologie*, pp. 84-110, UNESCO.
- ZOLOTAREVSKY, R. et M. MURAT (1938). — Divisions naturelles du Sahara et sa limite méridionale. *Mem. Soc. Biogéogr.*, n° 6, pp. 335-350.

72. — GÉOGRAPHIE — GÉOMORPHOLOGIE

- AUFRÈRE, L. (1930). — *Le problème géologique des dunes dans les déserts chauds du nord de l'ancien monde*. A.F.A.S.
- AUFRÈRE, L. (1934). — Les dunes du Sahara algérien. *Bull. Asso. géogr. Franç.*, n° 83, déc. 1934.
- BAGNOLD, R.A. (1941). — The physics of Blown sands and desert dunes. Londres, Methnen and Co., in-8°.

- BAULIG, H. (1956). — *Vocabulaire Franco-Anglo-Allemand de géomorphologie*. Soc. édit. Belles Lettres, Paris, 230 p.
- CAPOT REY, R. (1952). — Les limites du Sahara Français. *Trav. Inst. Rech. Sah.* T. 8, pp. 23-48.
- CAPOT REY, R. (1953). — *Le Sahara français*. 564 p., P.U.F., Paris.
- CHABROLIN (1941). — *L'érosion éolienne en Tunisie*. C.R. Ac. Agric.
- CHEVALIER, L. (1947). — *Le problème démographique nord-africain*. 221 p., P.U.F., Paris.
- COQUE, R. (1955). — Notes morphologiques sur les grands Chotts tunisiens. *Bull. Ass. géogr. Franç.*, pp. 174-185, 4 fig.
- COQUE, R. (1955). — Morphologie et croûte dans le sud tunisien. *Ann. de géogr.*, 345, pp. 359-370.
- COQUE, R. (1958). — Morphologie de la Tunisie présaharienne. *Trav. Inst. Rech. sah.*, XVII, pp. 59-82.
- DE MARTONNE, E. (1947). — *Traité de géographie physique*. T. 1, 496 p.; t. 2, 558 p.; t. 3, 471 p. Paris.
- DERRUAU, M. (1956). — *Précis de géomorphologie*. Masson, Paris, 393 p.
- DESPOIS, J. (1935). — *Le Djebel Nefousa*. Larose, Paris.
- DESPOIS, J. (1953). — *Le Hodna*. 309 p. Pr. Univ. Fr., Paris.
- DESPOIS, J. (1955). — *La Tunisie orientale*. Sahel et Basse Steppe. 2^e éd., 554 p., P.U.F., Paris.
- DESPOIS, J. (1958). — *L'Afrique du Nord*. 628 p., P.U.F., Paris.
- DUVEYRIER, H. (1864). — *Les Touaregs du Nord*. In-8°, Challamel, Paris.
- DUVEYRIER, H. (1905). — *Journal de route*. Challamel, Paris.
- GAUTIER, E.F. (1909). — *La conquête du Sahara*. A. Colin, Paris.
- GAUTIER, E.F. (1946). — *Le Sahara*. 232 p., Payot, Paris.
- FURON, R. (1947). — *L'érosion du sol*. 218 p., Payot, Paris.
- FURON, R. (1957). — *Le Sahara*. 300 p., Payot, Paris.
- HUBAC, P. (1948). — *Tunisie*. 159 p., Paris.
- INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL (1956). — *Atlas des formes du relief*. 179 pl., I.G.N., Paris.
- LEDUC, G. (1952). — *Industrialisation de l'Afrique du Nord*. 320 p., A. Colin, Paris.
- LETHIELLEUX, J. (1948). — *Le Fezzan*. 253 p., I.B.L.A., n° 12, Tunis.
- MONOD, Th. (1937). — *Méharées*. 300 p. « Je sers », Paris.
- MOREAU, P. (1947). — *Des lacs de sels aux chaos de sable : le pays des Nefzaoua*. 201 p., 1 carte. I.B.L.A. n° 11, Tunis.
- PELLEGRIN, A. (1949). — *Essai sur les noms de lieux d'Algérie et de Tunisie*. 243 p., S.A.P.I., Tunis.
- POUQUET, J. (1951a). — *Les déserts*. 124 p., P.U.F., Paris.
- POUQUET, J. (1951b). — *L'érosion*. 128 p., P.U.F., Paris.
- PROST, G. (1954). — Habitat et habitation chez les Ouderna et les Matmata. *Cahiers de Tunisie. Inst. Htes Et. Tunis*, pp. 239-253.
- SEBAG, P. (1951). — *La Tunisie*. 237 p., Edit. Soc., Paris.
- TLATLI, S.E. (1942). — *Djerba et les djerbiens*. Aloccio, Tunis, 213 p.
- TRICART, J. et A. CAILLEUX (1958). — *Cours de géomorphologie*. 6 fasc., 1400 p. ronéot. env., C.D.U., Paris.
- VERLET, B. (1958). — *Le Sahara*. P.U.F., Paris, 117 p.
- VIBERT, J. (1955). — Tableau de l'Economie tunisienne. 243 p. *Bull. éc. et soc. Tunisie*, Tunis.

73. — GÉOLOGIE — HYDROGÉOLOGIE — QUATERNAIRE

- ARAMBOURG, C. (1947). — Les limites et les corrélations du quaternaire africain. *Intern. géolog. Congr.* Report of the XVIII session, part XI, pp. 49-54.
- ARAMBOURG (1952). — Eustatisme et Isostasie. *C.R. Ac. Sc.*, t. 234, pp. 226-227.
- ARNOULD, M.C. et P.F. BUROLLET (1956). — Limite inférieure du pléistocène en Tunisie orientale. *IV^e Congrès intern. du quat.*, II, pp. 14-18.
- ARCHAMBAULT, J. (1947). — Hydrogéologie Tunisienne. 83 p. *Ann. Mines et géol.*, n° 1, Tunis.
- BELLAIR, P. (1952). — Sables désertiques et morphologie éolienne. *XIX^e congr. géol. int.*, sect. VII, fasc. 7, pp. 113-117.
- BELLAIR, P. (1953). — Diagramme minéralogique du Grand Erg Oriental d'El Oued à Ghadamès. *C.R. Soc. Géol. Fr.*, 1953, n° 6, pp. 99-101, 1 fig.
- BOURCART, J. (1931). — Essai de classement des formations continentales quaternaires du Maroc occidental. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, XVI, pp. 256-259.
- BOURCART, J. (1939). — La marge continentale. Essai sur les régressions et transgressions marines. *Bull. Soc. géol. Fr.* (5), VIII, pp. 393-474.
- BUROLLET, P.F. (1956). — Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie centrale. *Ann. Serv. Mines et Géol.*, n° 18, 350 p., 22 pl., Tunis.

- CASTANY, G. (1949). — Phénomènes de subsidence plioquaternaire en Tunisie. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, t. II, fasc. 1, pp. 4-11.
- CASTANY, G. (1950). — L'œuvre hydrogéologique Française en Tunisie. *Cahiers Charles de Foucauld*, vol. 18, pp. 1-15.
- CASTANY, G. (1952). — Le Tyrrhénien de la région de Bizerte. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, t. VI, pp. 169-175, 1952-53.
- CASTANY, G. (1953). — Note explicative de la carte géologique de la Tunisie au 1/500 000. 143 p., 14 pl. *Service géolog. Tunis*.
- CASTANY, G. (1956). — La transgression des couches à Strombes et les corrélations des assises continentales quaternaires en Tunisie. *Actes IV^e congr. intern. quat.*, II, pp. 600-623.
- CASTANY, G. (1956). — Orogénèse du quaternaire en Tunisie. *Actes IV^e congr. intern. quatern.*, I, pp. 226-237.
- CASTANY, G. et Ch. DOMERGUE (1947). — Le problème des chotts tunisiens. *C.R. somm. Soc. géol. Franç.*, n° 7, pp. 166-167, séance 21 avril 1947.
- CASTANY, G. et Ch. DOMERGUE (1950). — *Les ressources hydrauliques du sud Tunisien : Djerid et Nefzaoua*. 20 p., La Rapide, Tunis.
- CASTANY, G., R. COQUE, Ch. DOMERGUE (1953). — Les plages quaternaires à *Cardium* des grands chotts du sud tunisien. *C.R. Ac. Sc.*, t. 236, pp. 2097-2099.
- CASTANY, G. et E.G. GOBERT (1954). — Morphologie quaternaire, paléontologie et leurs relations à Gafsa. *Libyca*, t. II, pp. 9-37, Alger.
- CHEVRON-VILLETTE, A. de. — *Notes sur la géologie et la morphologie de la région des Triffa*. 20 p. ronéot. (inédit).
- CHUBERT, G. (1946a). — Essai d'interprétation de la courbe des terrasses marines quaternaires. *C.R. Ac. Sc.*, t. 223, pp. 511-513.
- CHUBERT, G. (1946b). — Sur l'influence des pluviaux sur le creusement et le comblement fluviaux pendant le quaternaire. *C.R. Ac. Sc.*, t. 223, pp. 810-812.
- CHUBERT, G. (1946c). — Sur l'âge des regs quaternaires du sud marocain. *C.R. Ac. Sc.*, t. 223, pp. 911-912.
- CHUBERT, G. (1948). — Au sujet des croûtes quaternaires. *C.R. Ac. Sc.*, t. 226, p. 1630.
- CHUBERT, G. (1956). — Les rapports entre les formations marines et continentales quaternaires. *Actes IV^e congr. du quat.*, II, pp. 576-590.
- CHUBERT, G. (1957). — Essai de corrélation entre les cycles marins et continentaux du pléistocène au Maroc. *C.R. Ac. Sc.*, t. 245, pp. 1066-1069.
- CHUBERT, G. et A. ROBAUX (1940). — Notices des cartes géologiques et hydrogéologiques provisoires de la Tunisie au 1/200 000. Feuilles de Medenine-Zarzis. *Direct. Trav. publ.*, Tunis.
- CHUBERT, G. et G. BRYSSINE (1946). — Sur les formations continentales du quaternaire marocain. *C.R. Ac. Sc.*, t. 223, pp. 863-865.
- CHUBERT, G., F. JOLY, M. GIGOUT, J. MARCAIS, J. MARGAT et R. RAYNAL (1956). — Essai de classification du quaternaire continental au Maroc. *C.R. Ac. Sc.*, t. 243, n° 5, pp. 504-506.
- COQUE, R. (1955). — Notes morphologiques sur les grands chotts tunisiens. *Bull. Ass. géogr. Franç.*, n° 253-254, nov.-déc. 1955.
- COQUE, R. (1957). — Découverte d'un gisement de Mammifères villafranchiens dans le sud tunisien. *C.R. Ac. Sc.*, t. 245, pp. 1069-1071.
- COQUE, R. et E.G. GOBERT (1957). — Essai d'une classification des industries préhistoriques du sud tunisien en fonction des données géomorphologiques et stratigraphiques. *Congrès Inqua*, Madrid-Barcelone (sous-presses).
- CVIJANOVICH, B.G. (1953). — Sur le rôle des dunes en relation avec le système hydrologique de la nappe souterraine du Grand Erg. *Trav. IRS*, t. IX, pp. 131-137.
- DALLONI, M. (1940). — Notes sur la classification du pliocène supérieur et du quaternaire d'Algérie. *B.S.G. Oran*, LXI, pp. 8-43.
- DALLONI, M. (1951). — Sur la genèse et l'âge des « Terrains à croûte » nord-africains. In *C.R. Colloque intern. sur les Act. Eol. et Phén. Evap. et Hydrol. Superf. rég. arides*, pp. 237-260, C.N.R.S., Paris, 1953.
- DALLONI, M. (1956). — La limite du tertiaire et du quaternaire dans le N-O de l'Algérie et des contrées voisines. *Actes IV^e congr. intern. quat.*, pp. 19-28.
- DENIZOT, G. (1935). — Observations sur le quaternaire moyen de la Méditerranée occidentale et sur la signification du terme monastirien. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5^e sér., t. V, pp. 559-571.
- DENIZOT, G. (1948). — *Leçons sur les temps quaternaires*. Centre Docum. Univers., 123 p. ronéot.
- DENIZOT, G. (1949). — Coordination du quaternaire en France. *Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 5^e sér., t. XIX, pp. 223-242.
- DEPERET, Ch. (1922). — Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires. *C.R. Ac. Sc.*, t. 174, pp. 1502-1505; 1594-1598.
- DOMERGUE, Ch. (1952). — Les bassins artésiens du sud tunisien. In « Les grands problèmes d'Hydrogéologie en Tunisie ». *XIX^e congr. géol. intern.*, 2^e sér., Tunisie, n° 3, pp. 91-152.
- DOMERGUE, Ch., E. DUMON, A.F. DE LAPPARENT et P. LOSSEL (1952). — Sud et extrême-Sud tunisiens. *XIX^e congr. intern. géol.*, 2^e sér., Tunisie, n° 7, 38 p.
- DRESCH, J., F. JOLY, R. RAYNAL (1951). — Evolution des versants et creusement en bordure nord occidentale du Sahara. *Bull. Ass. géogr. Fr.*, pp. 58-63.
- DRESCH, J., M. GIGOUT, F. JOLY, R. RAYNAL, J. LECOZ (1952). — Aspects de la géomorphologie au Maroc. *XIX^e congr. géol. intern. Monogr. Région.*, 3^e sér., Maroc, n° 3, 182 p.

- DROUHIN, G. (1952). — *Les problèmes de l'eau en Afrique du Nord-Ouest*. 55 p., 1 carte, UNESCO, Paris.
- DUMON, E. et R. LAFFITTE (1948). — Plissements pliocènes et mouvements quaternaires en Tunisie. *C.R. Ac. Sc.*, t. 227, pp. 138-140.
- GIGNOUX, M. (1913). — *Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile*. 593 p., 21 pl., Paris-Lyon.
- GIGNOUX, M. (1950). — *Géologie stratigraphique*. 4^e édit., Masson, Paris.
- GIGNOUX, M. (1952). — Pliocène et quaternaire marins de la Méditerranée occidentale. *XIX^e congr. géol. intern.*, fasc. XV, pp. 249-258.
- GIGOUT, M. (1949). — Définition de l'étage oulien. *C.R. Ac. Sc.*, t. 229, p. 551.
- GIGOUT, M. et Y. GOURINARD (1956). — Essai de corrélation du quaternaire entre les côtes atlantiques du Maroc méditerranéen d'Oranie. *Congr. int. quat.*, 1953, Rome-Pise, t. II, pp. 593-599.
- GOBERT, E.G. (1948). — Sur les problèmes des croûtes et sur les sols capsien. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tun.*, fasc. I, pp. 56-65.
- GOBERT, E.G. (1954). — Le Site quaternaire de Sidi Mansour à Gafsa. *Quaternaria*, I, 1954, pp. 1-20.
- GOBERT, E.G. et L. HARSON (1956). — Les dépôts littoraux de Monastir Tunisie et leurs divers faciès. *Actes IV^e congr. intern. du quatern.*, I, pp. 359-366, Rome, 1956.
- HUGOT, H.J. (1956). — Faits pour servir à l'établissement d'une chronologie paléoclimatique du quaternaire de l'oued Ariouel (sahara central). *Actes IV^e congr. intern. du quat.* II, pp. 915-918.
- JAUZEIN, A. (1959). — Les terrasses alluviales en Tunisie septentrionale. *C.R. Somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 2, p. 31-32.
- JAUZEIN, A. et P. BELLAIR (1952). — La dernière recurrence humide dans le Grand Erg Oriental. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, t. V, pp. 176-180.
- JOLEAUD, L. (1918). — Sur la géologie du Sahel et de l'extrême-sud tunisien. *Bull. Soc. géol. Fr.* (4^e sér.), t. XVIII, pp. 178-201.
- JOLEAUD, G. (1932). — *La géologie et les mines de la France outre-mer*, pp. 1-125.
- MATHIEU, G., 1949. — Contribution à l'étude des Monts Troglodytes dans l'extrême-sud tunisien. 70 p., 3 pl., 1 carte géol., *Ann. Mines et Géol.*, 1^{re} sér., n° 4, Tunis.
- MILOKHOFF, M. (1952). — Contribution à la connaissance géologique des grands chotts du sud Tunisien. *C.R. XIX^e Congr. Géol. Intern.*, fasc. XV, pp. 337-339.
- PERVINIÈRE, L. (1903). — *Etude géologique de la Tunisie centrale*. 359 p., Paris.
- PERVINIÈRE, L. (1912). — Sur la géologie de l'Extrême sud tunisien et de la Tripolitaine. *Bull. Soc. Géol. France* (4^e sér.), t. XII, pp. 143-193.
- POMEL, A. (1884). — Géologie de la côte orientale de la Tunisie et de la petite Syrte. *Bull. Ec. Sup. Sc. Alger*, 1^o fasc., 105 p.
- SEURAT, L. (1927). — Formations quaternaires de la Syrte mineure. *Bull. Soc. Hist. Nat. A.F.N.*, t. XVIII, pp. 176-179.
- THOMAS, Ph. (1907-1909). — Essai d'une description géologique de la Tunisie. I, 197, 211 p.; II, 1909, 503 p. *Imp. Nation.*, Paris.
- TOURNOUER, M. (1878). — Sur quelques coquilles marines recueillies par divers explorateurs dans la région des schotts sahariens. *Ass. Fr. Av. Sc.*, pp. 2-15.
- TRICART, J. (1956). — Tentative de corrélation des périodes pluviales africaines et des périodes glaciaires. *C.R. Soc. géol. Fr.*, n° 10, pp. 164-167.
- VAUFREY, R. (1934). — Les plissements Acheuleo-moustériens des alluvions de Gafsa. *Rev. géogr. phys. et géol. Dyn.*, vol. 5, fasc. 3, pp. 299-321.

74. — HISTOIRE — PRÉHISTOIRE

- ALIMEN, H. (1950). — *Atlas de Préhistoire*. 191 p., 20 pl., Boubée, Paris.
- ARAMBOURG, C. (1955). — *La genèse de l'humanité*. 127 p., P.U.F., Paris.
- BALOUT, L. (1955). — Pluviaux, interglaciaires et préhistoire saharienne. *Trav. Inst. Rech. Sah.*, t. 8, pp. 9-19.
- BALOUT, L. (1955). — *Préhistoire de l'Afrique du Nord*. 544 p., Arts et Métiers graphiques, Paris.
- BARADEZ, J. (1949). — *Fossatum africae*. 377 p., 2 cartes, 275 figures et photos, Arts et Métiers graphiques, Paris.
- CABOT BRIGGS, L. (1956). — The pre-neolithic peoples of north-west Africa. *Actes IV^e congr. intern. quat.*, II, pp. 642-651.
- CAGNAT, R. (1912). — *L'armée romaine d'Afrique*. 423 p., Paris, 1912.
- CAGNAT, R. (1914). — La frontière militaire de la Tripolitaine à l'époque Romaine. *M.A.I.*, tome XXXIV, pp. 77-109.
- CAGNAT, R. (1916). — L'annone d'Afrique. *M.A.T.*, t. XI, p. 247.

- CAMPS-FABER, H. (1953). — L'olivier et l'huile dans l'Afrique romaine. *Publ. Serv. des antiquités*, Alger, 95 p.
- GAUTIER, E.F. (1932). — *Genserik, roi des Vandales*. Payot, Paris.
- GAUTIER, E.F. (1942). — *Le passé de l'Afrique du Nord. Les siècles obscurs*. 457 p., Payot, Paris.
- GOBERT, E.G. (1952). — Notions générales acquises sur la préhistoire de la Tunisie. *Actes congrès Panafricain de Préhistoire*, II^e session, Alger, pp. 221-239.
- GOBERT, E.G. (1954). — La palethnologie tunisienne dans le cadre et les perspectives de la préhistoire nord-africaine. *Bull. écon. et social de la Tun.*, n° 92, nov. 1954, pp. 80-94, Tunis.
- GOBERT, E.G. (1954). — Capsien et Ibéro-maurusien. *Libyca*, t. II, pp. 441-452.
- GOBERT, E.G. et B. HOWE (1952). — L'Ibéro-maurusien de l'oued el Akarit. *Actes congr. Panafr. préhist.*, II^e sess., pp. 575-594.
- GSELL, St. (1911). — *Le climat de l'Afrique du Nord dans l'antiquité*. Alger.
- GSELL, St. (1913-1928). — *Histoire ancienne de l'Afrique du Nord*. 8 tomes, Hachette, Paris.
- GSELL, St. (1926). — La Tripolitaine et le Sahara au II^e siècle de notre ère. *Extr. Mém. Ac. Inscr. et B. Lettres*, Paris.
- JULIEN, Ch.-A. (1956). — *Histoire de l'Afrique du Nord*. I, 333 p.; II, 367 p.; Payot, Paris.
- LAPEYRE, G.G. et A. PELLEGRIN (1941). — *Carthage punique*. Payot, Paris.
- LAPEYRE, G.G. et A. PELLEGRIN (1950). — *Carthage latine et chrétienne*. 264 p., Payot, Paris.
- LESCHI, L. (1942). — Rome et les nomades du Sahara central. *Trav. I.R.S.*, pp. 47-62.
- NISARD, M. (1877). — *Les agronomes latins : Caton, Columelle, Palladius*. 650 p., Didot, Paris.
- PELLEGRIN, A. (1948). — *Histoire de la Tunisie depuis les origines jusqu'à nos jours*. 260 p., Namura, Tunis.
- TISSOT, Ch. (1884-88). — *Géographie comparée de la province romaine d'Afrique*. I : 697 p., 1884; II : 868 p., 1888. Imp. Nat., Paris.
- TOUTAIN, J. (1895). — *Les cités romaines de Tunisie*. 408 p., Paris.
- TOUTAIN, J. (1903). — Notes et documents sur les voies stratégiques et sur l'occupation militaire du sud tunisien à l'époque romaine. *B.A.C.*, pp. 272-409.
- VAN CAMPO, M., M^{me} (1958). — Analyse pollinique des dépôts wurmiens d'El Guettar (Tunisie). *Verhandlungen der internationalen tagung der Quartärbotaniker In der Schweiz*, pp. 133-135.
- VAUFREY, R. (1955). — Préhistoire du Nord de l'Afrique. Tome I : Maghreb. 458 p., 223 fig., 60 pl. *Publ. de l'Inst. Htes Et. de Tunis*, Masson.

75. — MÉTÉOROLOGIE — CLIMATOLOGIE

- BAGNOULS, F. et H. GAUSSEN (1953). — Saison sèche et indice xéothermique. *Doc. cartes prod. vég.*, t. III, vol. I, art. VIII, 47 p., 1 carte, Toulouse.
- BENEVENT, E. (1926). — Le climat des Alpes françaises. 435 p. *Mémorial off. nat. Météor.*, vol. 14.
- BERKALOFF, E. et J. TIXERONT (1958). — Notice de la carte du ruissellement annuel moyen en Tunisie. *Etudes d'Hydraulique et d'hydrologie*, 11 p., série I, fasc. 7, Ministère Trav. publ., Tunis.
- BOIS, Ch. (1938). — Résultats de 10 années de mesures d'insolation en Tunisie. *A. Phys. Fr. O.M.*, pp. 97-99.
- BOIS, Ch. (1939). — Les pluies torrentielles en Tunisie. *A. phys. Fr. O.M.*, pp. 3-7 et 13-17.
- BOIS, Ch. (1939). — Intensité et durée des chutes de pluie en Tunisie. *A. phys. Fr. O.M.*, pp. 121-126.
- CALEMBERT, J. (1954). — Quelques données sur l'évaporation et les déficits en eau en Belgique. *Bull. Inst. Agron. et Stat. Rech. Gembloux*, XXII, n° 3-4, pp. 189-212.
- DUBIEF, J. (1950). — Evaporation et coefficients climatiques au Sahara. *Trav. Inst. Rech. Sah.*, t. VI, pp. 13-44.
- DUBIEF, J. (1951). — Alizés, harmattans et vents étiésiens. *Trav. I.R.S.*, VII, pp. 187-189.
- DUBIEF, J. (1952). — Le vent et le déplacement du sable au Sahara. *Trav. I.R.S.*, t. VIII, pp. 123-162.
- DUBIEF, J. (1953). — *Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara*. 457 p., 41 fig., 3 cartes. Typo-Litho, Alger.
- DUBIEF, J. (1956). — Note sur l'évolution du climat saharien au cours des derniers millénaires. *Actes IV^e congr. intern. du quat.*, II, pp. 848-854.
- DUBIEF, J. et P. QUENEY (1935). — Les grands traits du climat du Sahara algérien. *La Météorologie*, fév. 1935, n° 119, pp. 80-91.
- EMBERGER, L. (1955). — Une classification biogéographique des climats. *Trav. Inst. Bot. Montpellier*, fasc. 7, pp. 3-43.
- FANTOLI, A. (1952). — *Le piogge della Libya*. In-8°, 528 p., Minist. d'ell Afr. Ital., Rome.
- GAUSSEN, H. (1954). — Théorie et classification des climats et des microclimats. *VIII^e congr. int. Bot.*, Paris, 1954.
- GINESTOUS, G. (1906). — *Etudes sur le climat de la Tunisie*. 441 p., Tunis.
- GINESTOUS, G. (1922). — *Conférences de Météorologie*. 117 p., Tunis.

- GINESTOUS, G. (1929). — Les condensations occultes. *Tunisie agricole*, janvier 1929, pp. 1-15.
- GORCZINSKI, L. (1930). — Sur le calcul de la transparence atmosphérique pour la radiation solaire et son application aux oasis sahariennes. Valeurs maxima de l'intensité du rayonnement solaire observées dans les différentes régions du globe terrestre. *Annales S.B.A.T.*, t. VII, pp. 157-197, Tunis.
- MANIL, G. (1955). — Un aspect du problème du bilan d'eau dans le sol : les données de Penman sur l'évaporation en conditions naturelles. *Bull. Inst. Agron. et Stat. Rech. Gembloux*, XXII, n° 3-4, pp. 255-271.
- PENMAN, H.L. (1948). — Evaporation in Nature. *The Physical Society*, vol. LI, pp. 366-388.
- PENMAN, H.L. (1949). — The dependence of transpiration on weather and soil conditions. *Journal of Soil Science*, 1, pp. 74-89.
- PENMAN, H.L. (1954). — The calculation of irrigation need. Ministry of Agriculture and Fisheries, *Technical Bulletin*, n° 1, 37 p., Londres.
- PERRET, R. (1935). — Le climat du Sahara. *Ann. de géogr.*, t. XLIV, pp. 162-186.
- PREZIOSI, P.C. (1952). — Le climat de la Tunisie; Evaporation. Bilan hydrologique. Zones climatiques. 13 p. ronéot., 12 cartes. *Météorol. Nat.*, Tunis.
- SEITZER, P. (1946). — *Le climat de l'Algérie*. Carbonnel, Alger.
- SERVICE MÉTÉOROLOGIQUE DE TUNISIE (1952). — *Normales et statistiques diverses (1901-1950)*. 34 p., Tunis.
- THORNTHWAITE, C.W. (1948). — An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, vol. 38, n° 1, pp. 55-94.
- VERNET, A. (1954). — Notice explicative de la carte des précipitations en Tunisie. *Dir. Trav. publ.*, série II, n° 2, 20 p., Tunis.

76. — PÉDOLOGIE — HYDROLOGIE — SCIENCES DU SOL

- AGAFOFF, V. (1936). — Sols types de Tunisie. 413 p., 65 pl., 2 cartes. *Ann. Serv. Bot. Agr. Tun.*, t. XII-XIII, 1935-36.
- AUBERT, G. (1941). — *Les sols de la France d'Outre-Mer*. 1 vol., Imp. Nat., Paris.
- AUBERT, G. (1951). — Les sols des régions semi-arides d'Afrique et leur mise en valeur. In *Les bases écologiques de la régénération de la végétation des zones arides*, pp. 11-25, Paris.
- AUBERT, G. (1956). — *Les sols d'Afrique du Nord* (conférences faites aux pédologues du Maroc). 26 p. ronéot.
- AUBERT, G. (1958). — Classification des sols pour la carte d'Afrique au 1/5 000 000. Analyse des livres et brochures à l'intention des pédologues de l'O.R.S. *T.O.M.*, t. VIII, fasc. 2, 3 p.
- AUBERT, G. et Ph. DUCHAUFOR (1956). — Projet de classification des sols. *VI^e congr. intern. Sc. du sol*, vol. E.V. 97, p. 597, Paris.
- BAVER, L.D. (1956). — *Soils physics* (Third edition). 489 p., London-New York.
- BERKALOFF, E., H. FINIELZ, J. TIXERONT (1953). — L'utilisation des eaux salées en Tunisie. 20 p. *Dir. Trav. Publ.*, Tunis.
- BETREMIEUX, R. (1951). — Etude expérimentale de l'évolution du Fer et du Manganèse dans les sols. *Ann. Agron.*, n° 3, mai-juin, pp. 193-295.
- BORDAS, J. (1943). — *Essai de pédologie méditerranéenne*. 1 vol., Imp. Nat., Paris.
- BOULAIN, J. (1957). — *Etude des sols de la plaine du Chelif*. 582 p., Fac. des Sciences, Alger.
- BOURALY, J. (1956). — Etude générale des sols de la plaine de Kairouan. 28 p. ronéot., 2 cartes, 7 tabl. *Sect. spéc. Et. Péd. Hydrol.*, Tunis.
- BOURRIER, J. (1954). — *Mesure des caractères hydrodynamiques des sols à la station expérimentale d'hydraulique agricole de Vergières*. 12 p. ronéot. (inédit).
- BRYSSINE, G. (1953). — Notions de pédologie appliquée. IV. Méthodes d'analyse. 98 p. ronéot. *Rech. Agron. Rabat*.
- BRYSSINE, G. (1953-1954). — Contribution à l'étude des propriétés physiques des sols. *Bull. Soc. Sc. Nat. Phys. Maroc*, t. 6-7, 1953; t. 8-9, 1954.
- BRYSSINE, G. (1954). — Typologie des sols du Maroc. *Bull. Soc. Sc. Nat. et Phys. Maroc*.
- DEMOLON, A. (1952). — *Dynamique du sol*. 520 p., Dunod, Paris.
- DEMOLON, A. et D. LEROUX (1952). — *Guide pour l'étude expérimentale du sol*. 251 p., Gauthier-Villards, Paris.
- DESAUNETTES, J. (1955). — *Méthodes analytiques du Laboratoire de pédologie*. *Dir. Trav. publ.* Tunis.
- DESSUS, P. (1950). — *Sur l'utilisation des eaux salées dans les territoires du sud*. 16 p. ronéot. *Sect. spéc. Et. Péd. Hydrol.*, Tunis.
- DESSUS, P. (1950). — Etude pédologique du périmètre d'Arram. *Rapport ronéot. Sect. spéc. Et. Péd. Hydrol.*, *Minist. Trav. Publ.*, Tunis.

- DESSUS, P. (1952). — Note préliminaire concernant le périmètre de Ksar Rhilane. 6 p. ronéot., 1 carte, n° 432/E, *Sect. spéc. Pédol. et Hydrol.*, Tunis.
- DESSUS, P. et R. NANI (1948). — Etude du périmètre des Adharas. 16 p. ronéot., 2 cartes. *Sect. spéc. Et. Péd. et Hydrol.*, n° 87, Tunis.
- DESSUS, P. et J. GELPE (1952). — Note préliminaire concernant le périmètre irrigable de Klebia. 9 p. ronéot. *Sect. spéc. Et. Pédol. et Hydrol.*, n° 384/E, Tunis.
- DESSUS, P. et J. GELPE (1953). — Note préliminaire concernant le périmètre irrigable de l'oued Tarfa. 5 p., 1 carte, n° 459/E. *Sect. spéc. Pédol. et Hydrol.*, Tunis.
- DESSUS, P. et J. GELPE (1953). — Note préliminaire concernant le périmètre de Henchir el Hicha. Rapport ronéot. *Sect. spéc. Et. Péd. et Hydrol.*, Tunis.
- DESSUS, P. et J. GELPE (1954). — Note concernant l'association d'intérêt collectif de Zigzaou. 21 p. ronéot., 2 cartes, n° 119. *Sect. spéc. Et. Pédol. et Hydrol.*, Tunis.
- DURAND, J.H. — Essai de nomenclature des croûtes. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, t. II, fasc. 3-4.
- DURAND, J.H. (1949). — Formation de la croûte gypseuse du Souf. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 7 sept. 1949.
- DURAND, J.H. (1952). — Types de sols d'Algérie. Conf. faite à la réunion de l'A.F.E.S., du 7 nov. 1952, 16 p. ronéot.
- DURAND, J.H. (1953). — Etude géologique, hydrologique et pédologique des croûtes en Algérie. 210 p., 15 fig., 34 phot. Alger, *Serv. Colon. et Hydraul.*.
- DURAND, J.H. (1954). — Les sols d'Algérie. 244 p. *Gouv. génér. de l'Alg., serv. Pédol. et Hydraul.*, Alger.
- DURAND, J.H. (1956). — Les croûtes calcaires s.l. d'Afrique du Nord étudiées à la lumière de la Bio-Rhexistase. *Trav. Sect. Pédol. et Agrol.*, Bull. n° 2, Alger.
- DURAND, J.H. (1958). — Du nouveau au sujet de la formation des croûtes calcaires s.l. *Bull. Soc. Hist. Nat. A.F.N.*, t. 49, n° 5-6, pp. 196-203.
- DURAND, J.H. (1958). — *Les sols irrigables*. 190 p. Alger.
- DURAND, J.H. (1959). — *Les sols rouges et les croûtes en Algérie*. 188 p. Dir. Hydr. Equip. rural, Alger.
- DUCHAUFOR, Ph. (1948). — Recherches écologiques sur la chênaie atlantique française. *Ann. Ecole Nat. Eaux et Forêts*, 332 p., XVII pl., 1 carte.
- DUCHAUFOR, Ph. (1956). — *Pédologie. Applications forestières et agricoles*. 310 p., Ec. Nat. Eaux et Forêts, Nancy.
- DUCHAUFOR, Ph. (1957). — *Pédologie. Tableaux descriptifs et analytiques des sols*. 87 p., Ec. Nat. Eaux et Forêts, Nancy.
- ERHART, H. (1935). — *Traité de pédologie*. 1 vol., Strasbourg.
- ERHART, H. (1956). — *La genèse des sols en tant que phénomène géologique*. Masson, Paris.
- FOURNET, A. (1958). — Reconnaissance des sols du périmètre de Gafsa-Lalla. 29 p. ronéot., 4 cartes. *Sect. spéc. Et. Pédol. et Hydrol.*, Tunis.
- GAUCHER (1947). — Sur l'âge des sols rouges nord-africains. *C.R. Congr. pédol. Montpellier-Alger*.
- GELPE, J. (1954). — Notice concernant la carte des sols et la carte des vocations culturales du bassin de l'oued Zess. 7 p. ronéot., 2 cartes, n° 606/E, *Sect. spéc. Et. Pédol. et Hydrol.*, Tunis.
- GELPE, J. (1956). — L'analyse granulométrique des sables. *VI^e congrès intern. Sc. du sol*. 9 p. ronéot.
- HALLAIRE, M. (1953). — Diffusion capillaire de l'eau dans le sol et répartition de l'humidité en profondeur sous sols nus et cultivés. (Thèse). *I.N.R.A.*, n° 2, pp. 143-244.
- HÉNIN, S., GRAS, FEODOROF, MONNIER (1960). — *Le profil cultural, principes de physique des sols*. 320 p. S.E.I.A., Paris.
- JOFFE, J.S. (1949). — *Pedology*. 662 p. New Jersey.
- KELLOG, Ch. E. (1956). — *Outline of a Scheme of Soil Classification 5th approximation*. 121 p., 8 tabl., Soil Survey Staff, U.S. Depart. of Agric.
- LE HOUÉROU, H.-N. (1960). — Contribution à l'étude des sols du Sud Tunisien. *Annales Agron. Paris*, février 1960, 68 p., 7 pl.
- LE HOUÉROU, H.-N. — Carte au 1/500 000 des milieux édaphiques de la Tunisie, zone aride et désertique. *Sect. spéc. de Pédologie et Hydrologie*, Tunis (sous presse).
- LEMÉE, G. (1959). — Le bilan d'eau des plantes vasculaires dans ses rapports avec l'humidité du sol. *Bull. soc. Fr. de Phys. vég.*, t. 5, n° 3, pp. 118-132.
- LOBOVA, E.V. (1956). — Géographie des sols de la zone désertique de l'U.R.S.S. *V^e congr. int. Sc. du sol*, vol. E, pp. 213-219, Paris.
- LOBOVA, E.V. (1960). — Genèse et classification des sols gris bruns des déserts de l'U.R.S.S. *Bull. A.F.E.S.*, mai 1960, pp. 269-282.
- NANI, R. (1948). — Etude du périmètre de Zerkine. I. 12 p. ronéot., 1 carte. *Sect. spéc. Et. Pédol. et Hydrol.*, Tunis.
- PLAISANCE, G. et A. CAILLEUX (1950). — Dictionnaire des sols. 604 p. *La Maison rustique*, Paris.
- PUJOS, A. (1953). — Réflexions sur la rubéfaction des roches et des sols dans le nord marocain et le Maroc oriental. *Bull. Soc. Sc. Nat. Phys. Maroc*, t. 6-7, pp. 97-105.
- SABATHE, R. (1958). — Etude pédologique du périmètre de Bled Segdal-Hichria. 11 p. ronéot., 7 tabl., 4 cartes. *Sect. spéc. Et. Péd. Hydr. Trav. publ.*, Tunis.
- SOIL SURVEY STAFF (1951). — *Soil Survey Manual*. 503 p. Un. St. Dep. of Agric., Washington.
- STEPHENS, C.G. (1956). — *La prospection des sols en vue de la mise en valeur des terres*. 128 p., F.A.O., Rome.
- TURC, L. (1953). — Le bilan d'eau des sols. Relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement (Thèse). *Ann. Agron.*, janv.-févr. 1955, n° 1, pp. 5-11.

- VERNET, A. (1945). — Les pertes d'eau du sol par évaporation dans le Languedoc méditerranéen. *C.R. Acad. Agric.*, pp. 232-537.
- VILLAR, E., HUGUET DEL (1944). — Première contribution à l'étude des sols du Sahara. *Trav. Lab. Biol. Sah. Fac. Sc., Alger-Beni-Ounif*, n° 17, 22 p.
- VILLAR, E., HUGUET DEL (1947). — *Types de sols de l'Afrique du Nord*. Fasc. 1 et 2, 288 p. Rabat.

77. — AGRONOMIE — ÉLEVAGE

- AURIAU, Ph. (1957). — Quelques données sur le climat du blé dans le Proche-Orient. *Annales de l'I.N.R.A.*, série B, n° 1, pp. 5-18.
- BŒUF, F. (1931). — Le blé en Tunisie. I. 448 p. *Ann. Serv. Bot. et Agron. de Tunisie*, 8.
- CHARMETANT, L. (1950). — La jeune oléiculture du centre tunisien. *Congr. cinq. Ec. Col. Agric. Tunis*, I, pp. 231-261.
- CHRÉTIEN, R. (1948). — Les problèmes techniques posés par l'oléiculture dans le centre et le sud de la Tunisie. *La Tunisie Agricole* (mensuel), n° 5.
- CORDIER, G. (1947). — De la composition de quelques produits fourragers tunisiens et de leur valeur pour l'alimentation du mouton. *Ann. Serv. Bot. et Agron. Tunisie*, 20, pp. 25-108.
- CORRIOLS, F. (1956). — Les actualités de la production fourragère. 23 p. *La Tunisie Agricole*, oct.-nov. 1956.
- CORRIOLS, F. (1957). — Les nouvelles actualités de la production fourragère. 18 p. *La Tunisie Agricole*, juin-juillet 1957.
- DELORME, Y. (1942). — *L'élevage en Tunisie; Etude agricole, économique et législative*. 255 p. Edit. d'Art et d'Hist.
- DEMOLON, A. (1956). — *Croissance des végétaux cultivés*. 576 p. Dunod, Paris.
- DUMONT, R. (1949). — *Les leçons de l'agriculture américaine*. 368 p. Flammarion, Paris.
- DUMONT, R. (1954). — *Economie agricole dans le monde*. 597 p. Dalloz, Paris.
- DUMONT, H. et G. VALDEYRON (1941). — Le verger d'essai de Sbeitla. *Ann. Serv. Bot. et Agron. Tunisie*, 18, pp. 1-40.
- FINIELZ, H. (1950). — Problèmes techniques posés par les irrigations en Tunisie. *Congr. cinq. Ec. col. Agric. Tunis*, t. II, pp. 227-248.
- FORET, Dr. (1958). — Le cheptel tunisien et les problèmes d'ensemble de son alimentation. *Terre de Tunisie*, n° 4, pp. 11-28.
- HODGSON, R.W. (1931). — La culture fruitière en Tunisie. 193 p., 1 carte. *Direct. Agricult. Tunis*.
- LE FRAPPER, A. (1950). — L'orientation de la culture de l'amandier en Tunisie du centre. *Congr. cinq. Ec. Col. Agr. Tunis*, t. I, pp. 262-271.
- LE HOUÉROU, H.-N. (1958). — L'élevage dans le sud tunisien et ses perspectives en fonction de la valeur des parcours. *Terre de Tunisie*, n° 4, pp. 50-51.
- LE HOUÉROU, H.-N. (1958). — Vue d'ensemble sur les pâturages du sud tunisien. *Terre de Tunisie*, n° 4, pp. 40-49.
- LE HOUÉROU, H.-N. (1958). — Contribution à l'étude écologique de l'olivier en Tunisie. 88 p. ronéot., 9 feuilles au 1/200 000, de cartes des vocations oléicoles. *Commissariat à la Productivité*, Paris-Tunis.
- LONG, G. (1953). — Aspects agronomiques de l'amélioration des pâturages du centre et du sud tunisiens. *La Tunisie Agricole*, mai 1953, pp. 95-110.
- MINANGOUIN, N. (1901). — L'olivier en Tunisie. 70 p. *Dir. Agric. Comm. Tunis*.
- RUBY, J. (1918). — *Recherches morphologiques et biologiques sur l'olivier*. 286 p. Masson, Paris.
- SEBILLOTTE, R. (1950). — Les possibilités de développement de l'arboriculture en culture sèche. *Congr. cinq. Ec. Col. Agric. Tunis*, t. I, pp. 272-295.
- SERVICE DE L'ALFA (Espagne) (1956). — *Etudes et expérimentation sur l'alfa*. (Traduit par J. SERRES). Serv. Forêts, Minist. Agric. Tunis, 99 p. ronéot.
- TISSERON, J. (1958). — L'élevage dans les rapports avec la production végétale en Tunisie. *Terre de Tunisie*, n° 4, pp. 31-40.
- TOURNEIROUX, J.A. (1929). — *L'oléiculture en Tunisie*. 2^e édit., 371 p., Tunis.
- THIAULT, M. (1955). — L'évolution des pâturages en Tunisie en fonction du mode d'exploitation. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie*, vol. 28, pp. 181-208.
- THIAULT, M. (1958). — Les perspectives ouvertes à l'élevage par les nouvelles méthodes de culture de l'herbe. *La Tunisie Agricole*, avril-mai 1958, 22 p.
- UNGER, F. (1950). — L'élevage des ovins en Tunisie. *Congr. cinq. Ec. Col. Agric. Tunis*, t. II, pp. 199-211, Tunis.
- VALDEYRON, G. et P. CROSSA RAYNAUD (1950). — Les fruits de Tunisie. *Ann. Serv. Bot. et Agron. Tunisie*, vol. 23, pp. 1-124.

- VERNET, A. (1948). — L'olivier et son milieu. *La Tunisie agricole*, n° 5.
- VERNET, A. (1950). — Principes de culture sèche en Tunisie. *C.R. Congr. cinquante. Ec. Col. Agric.*, 1, pp. 1-39, Tunis.
- VERNET, A. (1953). — La production de l'olivier en Tunisie. *Oléagineux*, n° 7, pp. 433-440.
- YANKOVITCH, L. et P. BERTHELOT (1947). — Rapport sur l'enracinement de l'olivier et des autres arbres fruitiers en Tunisie. *Ann. Serv. Bot. Tunisie*, 20, pp. 109-176.
- YANKOVITCH, L. et L. LOUVRIER (1956). — Etude sur l'épuisement des olivettes sfaxiennes âgées. *C.R. Ac. Agric. Fr.*, séance du 29 février 1956, pp. 222-286.

TABLES DES MATIÈRES

	Pages
PLAN DU MEMOIRE	5
INTRODUCTION. — OBJET DU MEMOIRE	7
METHODOLOGIE	13
Méthodes d'étude de la végétation	18
Méthodes d'étude du climat	34
Méthodes d'étude du sol	35
ETUDE DU MILIEU	39
<i>Cadre géographique</i>	41
<i>Les facteurs du climat</i>	44
Les précipitations	45
Les températures	53
Déficit de saturation	55
Evapotranspiration potentielle	58
Bilan hydrique	59
Radiation solaire	63
Nébulosité	63
Les vents	63
Rosées, condensations occultes	65
<i>Représentation synthétique des climats</i>	67
<i>Classification des climats</i>	71
<i>Les limites du Sahara en Tunisie</i>	78
<i>Les données de la géologie</i>	79
<i>Le quaternaire</i>	84
<i>Les données de la géomorphologie</i>	90
<i>L'hydrologie</i>	95
<i>Les sols</i>	99
Classification	99
Sols subdésertiques	102
Sols halomorphes	104
Sols hydromorphes	106
Sols bruts non climatiques	107
Sols bruts climatiques	109
Les Paléosols	110

	Pages
<i>Les données de la préhistoire</i>	113
<i>Les données historiques</i>	115
<i>Le milieu humain, l'occupation du sol</i>	118
LA VEGETATION	123
ETAGE MEDITERRANEEN ARIDE	125
SOUS-ETAGE SUPERIEUR	126
Groupement 1. — Association à <i>Ononis vaginalis</i> et <i>Medicago marina</i>	126
Groupement 2. — Association à <i>Ammophila arenaria</i> , <i>Agropyron junceum</i> et <i>Nitraria retusa</i>	129
Groupement 3. — Association à <i>Imperata cylindrica</i> et <i>Ononis Natrix</i> ssp. <i>falcata</i>	132
Groupement 4. — Association à <i>Schoenus nigricans</i> , <i>Plantago crassifolia</i> et <i>Centaurium pulchellum</i>	134
Groupement 5. — Association à <i>Globularia alypum</i> et <i>Reaumuria vermiculata</i>	137
Groupement 6. — Association à <i>Peganum harmala</i> et <i>Aizoon canariense</i>	140
Groupement 7. — Association à <i>Genista microcephala</i> et <i>Teucrium alopecurus</i>	142
Groupement 8. — Association à <i>Moricandia suffruticosa</i> , <i>Reseda Alphonsii</i> et <i>Diploaxis harra</i> ..	144
Groupement 9. — Association à <i>Rhaponticum acaule</i> , <i>Lygeum spartum</i> et <i>Helianthemum ruficomum</i>	146
Groupement 10. — Variante à <i>Eragrostis papposa</i> et <i>Thymelaea hirsuta</i> de l'Association à <i>Arthrophytum Schmittianum</i> et <i>Thymelaea microphylla</i>	149
SOUS-ETAGE INFERIEUR	152
Groupement 11. — Association à <i>Rhantherium suaveolens</i> et <i>Artemisia campestris</i>	156
Groupement 12. — Variante à <i>Eragrostis papposa</i> de l'association à <i>Rhantherium suaveolens</i> et <i>Artemisia campestris</i>	160
Groupement 13. — Variante à <i>Dianthus crinitus</i> de l'association à <i>Rhantherium suaveolens</i> et <i>Artemisia campestris</i>	163
Groupement 14. — Association à <i>Rhantherium suaveolens</i> et <i>Asphodelus refractus</i>	165
Groupement 15. — Variante à <i>Savignya parviflora</i> de l'association à <i>Rhantherium suaveolens</i> et <i>Asphodelus refractus</i>	167
Groupement 16. — Association à <i>Pituranthos tortuosus</i> et <i>Haplophyllum vermiculare</i>	169
Groupement 17. — Association à <i>Arthrophytum Schmittianum</i> et <i>Thymelaea microphylla</i>	172
Groupement 18. — Association à <i>Ziziphus lotus</i> et <i>Retama raetam</i>	180
Groupement 19. — Association à <i>Nitraria retusa</i> et <i>Ziziphus lotus</i>	183
Groupement 20. — Association à <i>Nitraria retusa</i> , <i>Suaeda mollis</i> et <i>Salsola Sieberi</i> var. <i>vescertainensis</i>	186
Groupement 21. — Association à <i>Peganum harmala</i> et <i>Hedysarum carnosum</i>	190
Groupement 22. — Association à <i>Anabasis aphylla</i> et <i>Suaeda mollis</i>	194
Groupement 23. — Association à <i>Artemisia herba alba</i> et <i>Arthrophytum scoparium</i>	197
Groupement 24. — Association à <i>Anarrhinum brevifolium</i> et <i>Zygophyllum album</i>	203
ETAGE MEDITERRANEEN SAHARIEN	207
SOUS-ETAGE SUPERIEUR	208
Groupement 25. — Association à <i>Anthyllis Henoniana</i> et <i>Gymnocarpus decander</i>	208
Groupement 26. — Association à <i>Traganum nudatum</i> var. <i>obtusatum</i> et <i>Anabasis articulata</i> ..	211
Groupement 27. — Association à <i>Arthrophytum Schmittianum</i> var. <i>prostratum</i> et <i>Arthrophytum scoparium</i> var. <i>scoparium</i>	214
Groupement 28. — Association à <i>Calligonum comosum</i> et <i>Anthyllis Henoniana</i>	216

	Pages
Groupe ment 29. — Association à <i>Brocchia cinerea</i> , <i>Cyperus conglomeratus</i> et <i>Cornulaca monacantha</i>	218
Groupe ment 30. — Association à <i>Retama raetam</i> , <i>Arthrophytum Schmittianum</i> var. <i>Schmittianum</i> et <i>Calligonum comosum</i>	222
Groupe ment 31. — Association à <i>Traganum nudatum</i> var. <i>obtusatum</i> , <i>Retama raetam</i> et <i>Suaeda mollis</i>	225
Groupe ment 32. — Association à <i>Calligonum azel</i> et <i>Calligonum arich</i>	228
Groupe ment 33. — Association à <i>Euphorbia Guyoniana</i> et <i>Oudneya africana</i>	231
SOUS-ETAGE INFERIEUR	233
Groupe ment 34. — Association à <i>Aristida pungens</i> et <i>Genista saharae</i>	233
Groupe ment 35. — Association à <i>Ephedra alata</i> ssp. <i>alenda</i> et <i>Cornulaca monacantha</i>	234
Groupe ment 36. — Association à <i>Helianthemum confertum</i> var. <i>brachypodum</i> et <i>Calligonum comosum</i>	235
Groupe ment 37. — Association à <i>Traganum nudatum</i> var. <i>microphyllum</i> , <i>Salsola Sieberi</i> var. <i>Zygophylla</i> et <i>Anabasis articulata</i> var. <i>ascendens</i>	237
Groupe ment 38. — Association à <i>Oudneya africana</i> ssp. <i>Zygarrhena</i> et <i>Anarrhinum brevifolium</i>	239
Groupe ment 39. — Association à <i>Limniasstrum Guyonianum</i> , <i>Salsol tetragona</i> et <i>Zygophyllum album</i> ssp. <i>Geslini</i>	242
Groupe ment 40. — Les Tamaricaies non halophiles	244
Groupe ment 41. — Les Tamaricaies halophiles	246
La végétation des oasis	246
CONSIDERATION SUR LES POSSIBILITES AGRICOLES DU SUD TUNISIEN	249
CONCLUSIONS	255
BIBLIOGRAPHIE	263
TABLE DES MATIERES	280
CARTE DES REGIONS NATURELLES	} sous pochette
CARTE DES PRECIPITATIONS	
CARTE DES BIOCLIMATS	
CARTE GEOMORPHOLOGIQUE-TECTONIQUE	
TABLEAU DES BIOCLIMATS	

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN — GAP

Dépôt légal: 267 — 1962

